

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA**

**Departamento de Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial**



**NUCLEO: UN SISTEMA PARA EL APRENDIZAJE  
VIRTUAL COLABORATIVO ESCENIFICADO A  
TRAVÉS DEL ROL MUTI-JUEGO .**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR**

**Pilar Sancho Thomas**

Bajo la dirección del doctor

Baltasar Fernández Manjón

**Madrid, 2010**

- **ISBN: 978-84-692-9951-7**



**Nucleo:**  
**Un sistema para el Aprendizaje Virtual**  
**Colaborativo escenificado a través de un Juego**  
**de Rol Multi-Jugador**

Autora: Pilar Sancho Thomas

Tesis Doctoral.

Departamento de Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial.  
Facultad de Informática. Universidad Complutense de Madrid.

Director: Baltasar Fernández Manjón.

Madrid, Abril de 2009.



The Great Oz has spoken.  
Pay no attention to that man behind the curtain.  
The Great Oz has spoken.

*-The Wizard of Oz.*  
*L. Frank Baum*



## Agradecimientos

De pequeña yo quería ser escritora. Al final he escrito esta tesis. Pero, detrás de todo este documento tan pesado de leer, hay una historia de héroes villanos, como las de los libros de cuentos, que quizás escriba algún día.

Le agradezco a mi director de tesis, Baltasar Fernández-Manjón, sobre todo, dos cosas: la primera el haber confiado en este proyecto. La segunda, el que siguiera confiando en él cuando el tornado se llevó la casa por los aires y aterrizamos en una tierra fantástica.

Gracias a Carmen Fernández-Chamizo, que me dio una oportunidad y sin ella yo no estaría aquí. Y gracias por ser, junto con Alfredo Fernández-Valmayor, mi referente y mi modelo.

Quiero agradecer al profesor Jan Vermunt el habernos facilitado toda la información sobre su trabajo y el habernos aclarado todas nuestras dudas.

Gracias a los profesores de mi departamento que han dedicado su tiempo a evaluar nuestro sistema. En particular, a Antonio Navarro, a Guillermo Jiménez, a Mercedes Gómez Albarrán, a Pablo Moreno-Ger y a Rubén Fuentes.

También muchas gracias a mi grupo de investigación e-ucm. En especial a Pablo Moreno-Ger por leerse este documento en un tiempo récord y hacer, junto con Iván Martínez-Ortiz, que el servidor se haya levantado siempre a tiempo. Gracias a José Luis Sierra, por leerse el Capítulo 4 varias veces, y darme tantas buenas ideas. Y gracias a Javier Torrente por su ayuda con los gráficos.

A Marco Antonio Gómez Martín y a Rubén Fuentes, les quiero dar las gracias por estar ahí siempre que les he necesitado. Sobre todo, por todas clases que me han cubierto cuando mis niñas se han puesto enfermas, muchas veces de manera intempestiva.

Gracias también a mis alumnos de la asignatura Fundamentos de Programación de los cursos 2007-08 y 2008-09 y, en especial, a Israel Saeta. Ellos, como los Mascones a Dorotea, me indicaron el camino a seguir y estuvieron al principio y al final de toda la aventura.

Albert Meco, Daniel Leiva y José María Méndez construyeron la Ciudad de Esmeralda, venciendo al malvado Multiverse, y le dieron a la fantasía un sitio donde alojarse. Muchas gracias por todas vuestras estupendas ideas.

Rubén Fuentes tuvo el valor de enfrentarse a una clase repleta con más de 100 alumnos airados que, la verdad, daban bastante miedo. Además hacía falta mucho coraje para usar Nucleo cuando todo parecía una fantasía. Y él lo tuvo. Por eso, él será el León si por fin escribo mi cuento.

Gracias a Jaime Sánchez Hernández y a Pedro Pablo Gómez Martín, que serán el Espantapájaros y el Hombre de Hojalata. Amigos y compañeros incansables a lo largo del camino de baldosas amarillas, me han iluminado con sus brillantes ideas y me han dado ánimos cuando yo hubiera querido desfallecer. Gracias, también, Pedro Pablo, por revisar esta tesis y por creer que podíamos cambiar la cosas.

Abraham López Guerrero es el Gran Mago de Oz. El constructor de fantasías. Me prestó su imaginación y sus historias, sus dibujos y, sobre todo, sus sabios consejos. Él me dijo, una mañana de hace mucho tiempo, que la solución a mis problemas la tenía, como Dorotea, dentro de mis propios zapatos.

Tía Ema y tío Henry, son mis abuelos. Mi hogar. Me esperan en algún lugar de Kansas, donde quiera que esté.

Mi madre, que proviene de una estirpe de brujas buenas, me rescató del sueño venenoso de un campo de amapolas y me devolvió al camino. Gracias, mamá, por estar siempre a mi lado.

Martina y Daniela me devolvieron la fantasía y las ganas de jugar.

Pero, por encima de todo, dedico este trabajo a mi padre. El hombre a quien más admiro.

## Índice de contenidos

Agradecimientos.....	5
Indice de contenidos .....	7
Capítulo 1 Motivación y objetivos .....	13
1.    Motivación .....	13
2.    Premisas, objetivos y esbozo de la propuesta .....	16
3.    Estructura del trabajo .....	19
4.    A modo de conclusión .....	21
Capítulo 2 Estudio de herramientas e-learning y su clasificación pedagógica.....	23
1.    Introducción .....	23
2.    Evolución de las teorías pedagógicas y su impacto sobre el e- learning .....	24
2.1.    Breve historia de la psico-pedagogía .....	24
2.2.    Criterios para la clasificación de las herramientas de aprendizaje virtual en virtud de las corrientes pedagógicas.....	26
3.    Herramientas de las corrientes objetivistas.....	29
3.1.    CAI (Computer Assisted Instruction).....	29
3.2.    Tutores Inteligentes.....	30
3.3.    LMS y LCMS.....	33
3.3.1. <i>El Modelo de Objetos de Aprendizaje</i> .....	36
4.    Herramientas constructivistas.....	38
4.1.    Hipertexto e Hipermedia .....	39
4.2.    Simuladores .....	39
4.3.    Videojuegos educativos.....	40
5.    Herramientas socio-constructivistas .....	43
5.1.    El aprendizaje basado en problemas (PBL) .....	44
5.2.    Aprendizaje virtual colaborativo (CSCL).....	46
5.3.    Comunidades de práctica.....	47
5.4.    Los juegos multi-jugador en red .....	49
5.5.    Aprendizaje en entornos virtuales multi-usuario (MUVEs) .....	51
6.    A modo de conclusión. Revisión crítica del contexto .....	53



### Capítulo 3. Un marco de referencia para el diseño de soluciones *e-learning* integrables en un sistema de gestión del aprendizaje .....57

1.	Introducción .....	57
2.	Estructura del marco conceptual: Componentes .....	58
3.	La corriente pedagógica subyacente .....	60
4.	La estrategia de aprendizaje .....	62
4.1.	Consideraciones previas: introducción al concepto de guiones de colaboración .....	64
4.2.	Los lenguajes de modelado educativo .....	65
4.2.1.	<i>IMS Learning Design</i> .....	65
4.2.1.1.	Componentes .....	66
4.2.1.2.	Método .....	67
4.3.	Lenguajes específicos de dominio .....	68
4.4.	Autómatas finitos y máquinas de estados .....	68
5.	La adaptación .....	69
5.1.	Fundamentos sobre formalización del modelo de usuario.....	71
5.2.	Categorización de modelos de alumno.....	71
5.2.1.	<i>Tipos de modelos atendiendo a su relación al dominio de conocimiento: ¿Qué información se almacena?</i> .....	72
5.2.2.	<i>Tipos de modelos atendiendo a su estructura interna: ¿Cómo se almacena la información?</i> .....	72
5.2.3.	<i>Tipos de modelos atendiendo al proceso de adquisición y mantenimiento: ¿Cómo se actualiza la información almacenada?</i> .....	75
5.2.4.	<i>Tipos de modelos de usuario atendiendo a la durabilidad de los datos: ¿Qué vigencia tiene la información almacenada?</i> .....	76
5.3.	Análisis de algunos sistemas relevantes .....	77
5.3.1.	<i>Modelos de alumno para representar los “estilos de aprendizaje”</i> .....	77
5.3.2.	<i>Adaptación aplicada a los sistemas de aprendizaje colaborativo</i> .....	77
6.	La interfaz de usuario.....	79
6.1.	Interfaces gráficas 2D o GUI clásicas .....	80
6.2.	Interfaces metafóricas en 2D.....	82
6.3.	Interfaces de inmersión 3D y mundos virtuales.....	82
7.	La interfaz con el sistema gestor del aprendizaje .....	83
8.	A modo de conclusión.....	85

### Capítulo 4. La corriente pedagógica subyacente y la estrategia de aprendizaje de Nucleo .....89

1.	Introducción .....	89
2.	Corriente pedagógica subyacente .....	90
2.1.	Aplicación de aproximaciones PBL al e-learning: Ventajas e inconvenientes.....	91
2.2.	Soluciones propuestas para el entorno Nucleo .....	92
2.2.1.	<i>Escenificación del aprendizaje en un mundo virtual de acuerdo con la dinámica de un juego de rol</i> .....	93

2.2.2.	<i>Utilización de guiones de colaboración y roles funcionales para estructurar el esquema de interacción entre los alumnos y coordinar el trabajo.....</i>	<i>93</i>
2.2.3.	<i>Utilización de un modelo de adaptación para formar equipos eficaces. ....</i>	<i>94</i>
3.	Descripción de la estrategia de aprendizaje .....	94
3.1.	Metáfora y ambientación: Mundo Nucleo.....	95
3.2.	Los equipos o <i>tripulaciones</i> : Criterios para la formación y para la asignación de roles.....	96
3.2.1.	<i>Breve introducción al modelo de Vermunt sobre estilos de aprendizaje .....</i>	<i>97</i>
3.2.2.	<i>Aplicación del modelo de Vermunt a Nucleo: la formación de los equipos y la asignación de roles.....</i>	<i>101</i>
3.3.	El rol del tutor: El Consejo de Arcanos.....	102
3.4.	Mecanismos de evaluación .....	103
3.4.1.	<i>Evaluación por equipos.....</i>	<i>103</i>
3.4.2.	<i>Evaluación individual.....</i>	<i>103</i>
3.5.	Diseño del aprendizaje: Colaboración vs. competición.....	105
3.6.	Ciclo del aprendizaje .....	105
3.7.	Mare Monstrum, el prototipo .....	106
4.	Modelado de la estrategia .....	108
4.1.	Modelado conceptual del proceso de aprendizaje definido en Nucleo: discusión sobre su formalización.....	110
4.1.1.	<i>Marco conceptual para el script de Nucleo.....</i>	<i>110</i>
4.1.2.	<i>Discusión sobre la elección de un lenguaje para implementar el modelo conceptual del protocolo de aprendizaje en NUCLEO .....</i>	<i>113</i>
5.	A modo de conclusión.....	116
<b>Capítulo 5. Una arquitectura de referencia para integrar Nucleo en un LMS.....</b>		<b>119</b>
1.	Introducción .....	119
2.	Arquitectura de referencia para Nucleo .....	120
3.	El módulo de adaptación.....	124
3.1.	Definición del sujeto de adaptación .....	127
3.2.	El modelo del alumno (SM) para Nucleo.....	128
3.2.1.	<i>Información almacenada y estructura interna de representación.....</i>	<i>128</i>
3.2.2.	<i>Inicialización del SM. Asignación de estereotipos.....</i>	<i>130</i>
3.2.3.	<i>Actualización y diagnóstico.....</i>	<i>132</i>
3.3.	Definición de las reglas de adaptación.....	133
4.	La interfaz de usuario .....	134
4.1.	Aplicación de los mundos virtuales multiusuario (MUVES) a la educación.....	135
4.2.	Elementos de la interfaz de Nucleo y su utilidad pedagógica.....	137
4.2.1.	<i>Entorno.....</i>	<i>137</i>
4.2.2.	<i>Avatares.....</i>	<i>138</i>
5.	A modo de conclusión.....	140
<b>Capítulo 6. Descripción de los prototipos.....</b>		<b>141</b>
1.	Introducción .....	141
2.	Prototipo para la Fase 1: Mundo Nucleo en Google.....	142

3.	Prototipo para la Fase 2: Mare Monstrum.....	146
3.1.	La plataforma <i>Multiverse</i> .....	147
3.2.	La plataforma Moodle .....	151
3.3.	Integración de <i>Moodle</i> y <i>Multiverse</i> .....	152
3.3.1.	<i>Scripts</i> y archivos de servidor.....	152
3.3.2.	<i>Scripts</i> y archivos de cliente .....	153
3.3.3.	Interacción entre los componentes de <i>Mare Monstrum</i> .....	154
3.4.	Descripción del prototipo Mare Monstrum .....	155
3.4.1.	<i>Sistema de registro e ingreso de usuarios</i> .....	155
3.4.2.	<i>Características y herramientas principales del entorno</i> .....	156
4.	A modo de conclusión.....	162
<b>Capítulo 7. Resultados experimentales .....</b>		<b>163</b>
1.	Introducción.....	163
2.	Fase 1: Prueba de concepto sobre la estrategia de aprendizaje.....	165
2.1.	Objetivos y métricas del experimento .....	165
2.2.	Primer caso de estudio: asignatura “Fundamentos de Programación” 166	
2.3.	Segundo caso de estudio: asignatura “Laboratorio de Programación II” 168	
2.4.	Tercer caso de estudio: asignatura “Desarrollo de Funciones en el Sistema Informático” .....	171
2.5.	Análisis crítico de los resultados.....	173
3.	Fase 2: Prueba de concepto sobre el entorno virtual.....	177
3.1.	Objetivos y métricas de los experimentos.....	177
3.2.	Descripción del primer caso de estudio: asignatura “Fundamentos de Programación” .....	178
3.3.	Descripción del segundo caso de estudio: la evaluación con expertos 181	
3.4.	Análisis crítico de los resultados.....	186
4.	A modo de conclusión.....	188
<b>Capítulo 8. Conclusiones.....</b>		<b>191</b>
1.	Resumen general de la propuesta.....	191
2.	Principales aportaciones de este trabajo .....	194
3.	Trabajo futuro .....	196
3.1.	Incremento y mejora de las funcionalidades del sistema desde el punto de vista del usuario.....	196
3.2.	Uso de la <i>teoría de actividad</i> (AT, <i>Activity Theory</i> ) [Vygotsky, 1978] como guía para el análisis de las decisiones de diseño del entorno Nucleo.....	197
3.3.	Desarrollo de herramientas de apoyo al profesor .....	198
3.4.	Desarrollo de un lenguaje específico de dominio (DSL) como base para simplificar y automatizar la gestión y la generación de entornos Nucleo.....	198
3.5.	Mejora del modelo de adaptación utilizando técnicas de <i>clustering</i> para actualizar dinámicamente los perfiles.....	198
4.	Publicaciones relacionadas directamente con esta tesis.....	199

---

**Apéndice A. Applying multiplayer role based learning in engineering education: Three case studies to analyze the impact on students' performance ..... 203**

1.	Introduction.....	203
2.	Related work.....	205
3.	Discussion of the approach.....	206
4.	The Nucleo project.....	208
4.1.	Nucleo conceptual framework.....	208
4.2.	Nucleo's instructional approach .....	210
4.3.	Nucleo architecture .....	212
5.	The project development plan.....	214
5.1.	Goals of the experiment .....	215
5.2.	First case study: teaching programming fundamentals at the Electrical Engineering School.....	215
5.3.	Second case study: teaching C++ programming at the Computer Science Engineering Faculty.....	217
5.4.	Third case study: teaching Java programming at a Technical School .....	220
6.	Discussion and future work .....	222
7.	Acknowledgments .....	225
8.	References .....	225

**Referencias ..... 231**

**Guía de siglas utilizadas..... 257**



## Capítulo 1

### Motivación y objetivos

#### 1. Motivación

En la coyuntura actual, el mercado laboral exige probablemente mucho más a los profesionales de lo que les exigía hace tan sólo unas décadas. Por ejemplo, en el mercado de creación de *software*, la creciente complejidad de las aplicaciones obliga a que sea imprescindible la labor coordinada de uno o varios equipos para llevar a cabo la realización de cualquier proyecto. Y lo mismo sucede en muchos otros dominios. Por lo general, hoy en día, una componente esencial de la labor de cualquier profesional es coordinar de manera efectiva su trabajo con el de los miembros de un equipo, para lo que resulta extremadamente útil adquirir de una serie de destrezas sociales (*soft skills*) y de trabajo en grupo. Entre ellas: la capacidad de liderazgo, la capacidad de comunicación, la capacidad de negociación y la capacidad para coordinar el trabajo de los integrantes de un grupo.

Consecuentemente, la formación debe adaptarse a las nuevas exigencias del mercado. A día de hoy, resulta bastante común en algunas disciplinas tratar de que los alumnos adquieran no sólo los conocimientos técnicos necesarios, sino entrenarles en la adquisición de un conjunto de destrezas sociales que incrementen la eficiencia del trabajo en equipo. Sin embargo, resulta extremadamente difícil conseguir este objetivo. Uno de los motivos es que requiere una fuerte implicación y un grado de compromiso elevado por parte de los alumnos, quienes, por lo general, están más preocupados por aprobar el curso, que por su formación propiamente dicha. Además, en los últimos años, en el contexto de formación universitaria en España, se viene detectando un aumento de pasividad de los alumnos, con tasas de abandono que sufren un constante y alarmante incremento.

Por otro lado, a día de hoy, el uso de herramientas de aprendizaje a través de la web (denominadas genéricamente como *e-learning*) se ha convertido en algo habitual en cualquier universidad, bien como complemento de las clases presenciales (escenario que se denomina aprendizaje combinado o mixto, *blended learning*, en inglés), bien como parte de la oferta de educación a distancia. Es decir, el escenario tradicional de clases impartidas exclusivamente en el aula (con los apuntes tomados como notas de clase o las horas de tutoría fijas para consultar al profesor) ha difuminado sus fronteras, que se son ahora mucho más amplias y flexibles gracias a la web. Los alumnos tienen la posibilidad de acceder a ingentes cantidades de información catalogadas de forma precisa en cualquier momento y lugar, pueden seguir su propio ritmo de traba-

jo, o consultar con profesores y otros compañeros sin restricciones de tiempo ni espacio.

Las ventajas que este tipo de herramientas ofrecen como complemento o alternativa a la educación presencial, han llevado a instituciones educativas públicas y privadas a apostar fuertemente por las soluciones *e-learning*. Como resultado, se han desarrollado entornos educativos muy potentes con gran diversidad de contenidos y plataformas, siendo por lo general la apuesta más común los llamados campus virtuales o sistemas para la gestión del aprendizaje (que en adelante referiremos por su acrónimo en inglés, *Learning Management Systems*, LMS). Este término se utiliza para englobar un conjunto integrado de aplicaciones destinadas a organizar, dar soporte y dar acceso a servicios y actividades relacionadas con el aprendizaje tanto a los alumnos, como a los profesores o al personal administrativo. El objetivo principal de estos sistemas es integrar un amplio conjunto de herramientas educativas y administrativas que permitan centralizar el proceso del aprendizaje, incorporando una gestión de los datos que posibilita el acceso a los mismos desde los distintos procesos.

En los últimos años, y a pesar de los elevados costes de desarrollo, implementación y formación de personal que ello conlleva, los LMS han sido adoptados como herramientas de formación virtual por universidades y centros de formación. De hecho, en la actualidad, casi todas las universidades ofrecen formación virtual gestionada mediante este tipo de herramientas.

Sin lugar a dudas, los LMS ofrecen un conjunto de ventajas sustanciales. En primer lugar son lo suficientemente flexibles como para permitir la implementación de estrategias pedagógicas diferentes, ya que soportan un nivel de interacción muy rico entre tutores, alumnos y grupos de alumnos. Además permiten la reutilización de cursos de aprendizaje en forma de fragmentos (v.g. objetos de aprendizaje) o de cursos completos, entre distintas plataformas, ya que se ha hecho un importante esfuerzo para lograr su interoperabilidad en distintos sentidos (Capítulo 2 apartado 3.3). A lo que hay que añadir el que incorporan herramientas administrativas con capacidad para comunicarse con otras aplicaciones (v.g. *Enterprise Resources Planning*, o ERPs).

Sin embargo, pese a su indiscutible valor, los LMS no cubren la totalidad de las necesidades de formación que el exigente mundo laboral impone, y su utilización no ha reducido significativamente ni la creciente pasividad de los estudiantes, ni las altas tasas de abandono. El hecho es que, si bien las modernas aplicaciones LMS permiten la implementación de modelos de formación muy versátiles, en los que se podrían incluir elementos y estrategias para este fin, rara vez se utilizan más allá que como simples repositorios de contenidos estáticos en los que el profesor cuelga los contenidos del curso y responde a las dudas de los alumnos a través de los foros. Además, resulta evidente que buena parte de las herramientas *e-learning* (entre ellas los LMS) no resultan atractivas para una generación de jóvenes que, paradójicamente, utilizan Internet y los ordenadores como fuente habitual de ocio. De lo que podría deducirse que las herramientas existentes no sacan partido de los atractivos que el entorno ofrece a los jóvenes. ¿Qué ha sucedido para que lo que hace unos pocos años resultaba suficientemente eficaz esté fracasando?

Una de las hipótesis plausibles identifica el uso cotidiano y temprano de la tecnología como posible causa. Efectivamente, los alumnos que hoy ocupan las aulas universitarias han crecido en un entorno en que la tecnología se ha introducido en nuestros hábitos de vida. Los ordenadores, Internet, los videojuegos, los teléfonos

móviles, las consolas, etc., han sido las herramientas de entretenimiento favoritas de muchos de los jóvenes que hoy ocupan las aulas universitarias. De acuerdo con [Oblinger, 2005]:

- A partir de los 6 años, los niños pasan delante de una pantalla tanto tiempo como jugando y casi el doble del que pasan leyendo.
- Están acostumbrados a trabajar con múltiples fuentes de información simultáneamente (televisión, música, internet, libros). El 75% utiliza herramientas de mensajería instantánea y correo electrónico para mantenerse en contacto y a menudo llevan varias conversaciones a la vez.
- Utilizan los ordenadores y la tecnología casi tanto como la televisión. Pasan una media de 3 horas 41 minutos diarios viendo la televisión.

Sin duda, esto ha influido en sus hábitos de juego, de relación, de estudio, de trabajo y de comunicación. Pero ¿hasta qué punto ha modificado también su manera de recibir y procesar la información y, en definitiva, su inteligencia? Diversos estudios [Papert, 1994; Gee, 1999; Gee, 2003; Prensky, 2001] han planteado la hipótesis de que es posible que los alumnos no presten atención a una clase impartida en un formato tradicional no por falta de interés, sino porque la información transmitida en ese formato no consigue llamar su atención. Lave y Wenger [Lave, 1991], en el desarrollo de sus estudios sobre el aprendizaje contextual afirman que, para que el alumno sea el centro de la experiencia educativa, la información debe representarse en un formato que le sea próximo y comprensible.

Ante la crisis de los modelos de enseñanza clásicos, la comunidad educativa está empezando a cuestionarse si las metodologías tradicionales siguen siendo adecuadas para la generación actual de estudiantes a la hora de cubrir necesidades de formación que no tienen que ver con la mera adquisición de conocimientos técnicos, sino de prácticas sociales. Por este motivo, se está comenzando a experimentar con nuevas formas de enseñanza entre las que se incluyen el aprendizaje colaborativo, las comunidades de práctica o el aprendizaje basado en videojuegos.

La mayoría de estas aplicaciones tienen en común el hecho de que consideran la interacción entre los alumnos como un elemento clave para la formación. Es decir, el aprendizaje ya no se considera como un hecho aislado que sucede en la mente de un individuo, sino como la evolución de una comunidad que encuentra soluciones de manera colaborativa. Este incremento de la interacción social entre los individuos permite además que éstos desarrollen mejor destrezas relacionadas con el trabajo en equipo y ciertas habilidades sociales. Además, la enorme mayoría de estas aplicaciones se preocupan por incluir elementos característicos de las aplicaciones que se cree que resultan más atractivas a los jóvenes, como mecanismo para incrementar su motivación. Entre los elementos más frecuentes se utilizan: los entornos gráficos de realidad virtual, la conexión permanente con colegas y grupos, la diversión, la fantasía y la realimentación inmediata.

Sin embargo, la gran mayoría de las aplicaciones desarrolladas en este sentido son soluciones *ad-hoc* y, salvo en contadas ocasiones, no se pueden conectar de manera sencilla con los LMS (o campus virtuales) existentes. Desde nuestro punto de vista, esto es un error.

Pensamos que la actual crisis de los modelos clásicos de enseñanza no tiene que ver tanto con los LMS como con el uso que se hace de los mismos. En buena parte



de los procesos de aprendizaje diseñados bajo los LMS actuales, se implementan aproximaciones tradicionales basadas en la cuidadosa estructuración de contenidos estáticos. Sin embargo, la incorporación de una interfaz coherente entre el LMS y aplicaciones específicas que incorporen estrategias de aprendizaje, interfaces y procesos de adaptación diseñados con el objetivo de cubrir necesidades de aprendizaje en situaciones concretas, aportaría destacables beneficios tanto para el LMS como para la aplicación:

- Desde el lado del LMS, permitiría la existencia de interfaces más ricas e interactivas, con estrategias de aprendizaje más adaptadas a los objetivos. A pesar de la flexibilidad pedagógica que soportan la mayoría de los LMS, indudablemente no son tan eficientes pedagógicamente hablando en una situación concreta como una solución diseñada específicamente: por un lado, las interfaces son poco interactivas y ofrecen muy pocas posibilidades de ser modificadas para un escenario concreto de aprendizaje. Además, los contenidos son en su mayoría textuales y poco interactivos. Por último, permiten pocos grados de libertad a la hora de definir procesos de personalización del aprendizaje en función de las características del alumno.
- Desde el lado de la aplicación, redundaría en un abaratamiento de los costes (puesto que permitiría utilizar algunas de las herramientas, los servicios y la gestión de datos incorporados en el LMS). Además, complementaría su funcionalidad a contextos de aprendizaje y audiencias más amplios. Por otro lado, daría persistencia a los datos generados (a través de la base de datos centralizada, que contiene los datos de los alumnos a lo largo de toda su vida académica) y permitiría aprovechar los avances realizados en materia de estandarización, haciendo uso de recursos, contenidos e interfaces.

La motivación esencial de este trabajo se sustenta sobre el convencimiento de que es posible mejorar tanto la formación integral de los alumnos (desde el punto de vista de ayudarles a la adquisición de *soft skills*) como mejorar su motivación y su rendimiento. Pensamos que la aplicación de técnicas pedagógicas centradas en la adquisición de otro tipo de habilidades, más allá de los conocimientos puramente técnicos, y la aproximación de las aplicaciones educativas a las especiales características de *la generación digital* [Prensky, 2001], pueden permitirnos alcanzar los objetivos perseguidos, utilizando como base las existentes aplicaciones LMS.

## 2. Premisas, objetivos y esbozo de la propuesta

Considerando el contexto y la problemática expuestos en el apartado anterior, podríamos resumir en las siguientes premisas la sustentación de nuestro trabajo:

- El mercado laboral exige de manera creciente profesionales que dominen determinado tipo de destrezas sociales, que resultan esenciales para trabajar en equipo de manera efectiva. Enseñar este tipo de habilidades es muy complicado, ya que requieren un grado de participación y compromiso del que los alumnos actuales carecen. En este sentido, una de las hipótesis que se maneja es que la creciente falta de interés de los alumnos podría estar ligada al fenómeno de

las peculiaridades intelectuales de una generación a la que se ha bautizado como *nativos digitales* [Prensky, 2001].

- En la formación actual juega un papel de importancia creciente el *e-learning*, gestionado mayoritariamente en universidades y centros de formación por aplicaciones LMS o campus virtuales. Sin embargo, a pesar de sus numerosas ventajas, los LMS resultan limitados a la hora de fomentar la adquisición de *soft skills*. Además tanto sus formatos de presentación de contenidos como sus mecanismos de interacción, parecen ser poco atractivos para los alumnos.
- En consecuencia, la comunidad educativa está potenciando el desarrollo de nuevos tipos de aplicaciones orientadas específicamente a conseguir dos objetivos: favorecer la interacción social e incrementar el atractivo visual e interactividad de los entornos. Pero, en general, este tipo de soluciones se han desarrollado en su mayoría de espaldas a las existentes y generalizadas aplicaciones LMS.

El objetivo fundamental de este trabajo es proponer un marco y un entorno de aprendizaje virtual con tres objetivos principales:

1. Potenciar la adquisición de habilidades de trabajo en grupo, además de los conocimientos puramente técnicos.
2. Incrementar la motivación de los estudiantes ayudando a reducir en lo posible las altas tasas de abandono, cambiando el papel tradicional del estudiante de mero receptor de información a agente activo de su propio aprendizaje.
3. Conseguir que la solución propuesta se pueda integrar en el marco de un LMS, tanto desde el punto de vista de gestión de datos como de servicios, incrementando así el potencial de ambas aplicaciones.

Hemos llamado Nucleo a nuestra propuesta. Nucleo es un nombre genérico que engloba tanto la arquitectura de referencia del sistema, como los diferentes sistemas que se han instanciado sobre ella.

Nucleo utiliza como aproximación pedagógica el Aprendizaje Basado en Problemas (al que nos referiremos en general a lo largo de este documento por su acrónimo en inglés PBL, *Problem Based Learning*, por ser de utilización mucho más común que el castellano) escenificado en un mundo virtual fantástico en torno a un juego de rol multi-jugador.

El PBL [Neufeld, 1974] es una aproximación perteneciente a la corriente pedagógica socio-constructivista, que ha demostrado su eficacia a la hora de fomentar no sólo la adquisición de conocimientos, sino también las capacidades de trabajo en equipo para el aprendizaje de disciplinas de muy distintos dominios [Duch, 2001]. El aprendizaje se centra en torno a la resolución colaborativa de problemas en equipos pequeños. Los problemas tienen una estructura abierta, son complejos y de apariencia realista, y los alumnos son los encargados de adquirir los conocimientos necesarios para resolverlos. El tutor actúa como guía y facilitador del proceso, proporcionando pistas y orientando a los equipos para que alcancen el resultado sin llegar nunca a dar la solución.

Sin embargo, no resulta en absoluto sencillo implementar de manera efectiva aproximaciones basadas en el paradigma PBL, muy particularmente en entornos virtuales, en los que la riqueza de interacción interpersonal es más limitado que en los entornos presenciales. Uno de los principales obstáculos es lograr establecer dinámicas

efectivas de colaboración entre los miembros de los equipos. En Nucleo se aplican cuatro estrategias combinadas con el objetivo de mejorar la eficiencia del proceso colaborativo en que sucede el aprendizaje. Estas estrategias son:

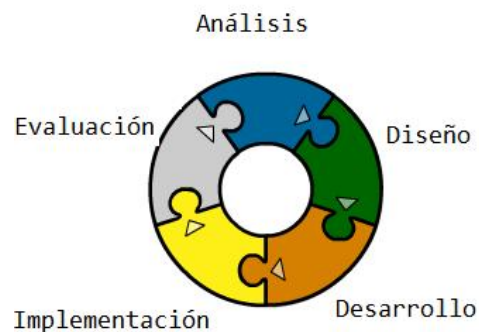
- Escenificación del aprendizaje en el contexto de un juego de rol multi-jugador que sucede en un mundo virtual fantástico. El objetivo perseguido por esta estrategia es doble: por un lado, se pretende desconcertar a los alumnos, obligándoles a abandonar su habitual rol pasivo de receptores de información para convertirlos en agentes activos, modificando para ello la escenificación del aprendizaje. Los videojuegos y los mundos virtuales se están utilizando cada vez con más frecuencia con fines educativos porque, entre otras características valiosas, tienen el potencial de crear entornos envolventes y atractivos más motivantes para los alumnos [Corti, 2006]. El segundo objetivo de esta estrategia es crear una atmósfera que propicie la creación de lazos afectivos entre los participantes. Diversos estudios demuestran que este tipo de entornos contribuyen a fomentar la creación de lazos sociales y afectivos que derivan en una mejora de los procesos de colaboración [Baron, 1999].
- Formación de equipos heterogéneos. Una de las asunciones implícitas en cualquier proceso de aprendizaje colaborativo es que los alumnos aprenden y se enseñan unos a otros. En Nucleo los equipos se forman en torno a la figura de aquellos alumnos que tienen una mayor autonomía y capacidad de coordinación, con el fin de que ejerzan el papel de líder y sirvan de guía a sus compañeros de equipo. La formación de equipos cuyos miembros poseen habilidades heterogéneas ha sido defendida en numerosos trabajos [Oakley, 2004; Johnson, 1975; Johnson, 1992], basándose en la hipótesis de que la alternativa de utilizar equipos homogéneos (los alumnos más capaces por un lado en un mismo equipo dejando a los de capacidad inferior también juntos) conduciría a un empobrecimiento de escenario del aprendizaje. En nuestra propuesta, la clasificación de los alumnos se realiza tomando como base el marco y el cuestionario (ILS, *Inventory of Learning Styles*) desarrollados por Jan Vermunt para la catalogación de estilos de aprendizaje [Vermunt, 1992; Vermunt, 1994] y utilizando un modelo de usuario actualizado dinámicamente en función de la interacción del alumno con el sistema que mide su nivel participación (ver Capítulo 5 apartado 2 y Capítulo 4 apartado 3.2).
- Asignación de roles funcionales en base a los resultados obtenidos en el ILS de Vermunt. Los roles llevan asociados tareas y responsabilidades concretas con el objetivo de ayudar a coordinar y estructurar el trabajo [Strijbos, 2004]. Por otro lado, en el mundo laboral es muy común la utilización de roles, por lo que supone una forma de entrenamiento para los alumnos en el conjunto de habilidades que se les van a exigir en su vida profesional futura.
- Reconfiguración y reasignación dinámica de los roles. A lo largo de un mismo curso, los alumnos son asignados a distintos equipos en los que desempeñan roles diferentes con el fin de entrenarlos en el desempeño de distintas tareas y enriquecer el contexto de intercambio social. El objetivo es potenciar en los estudiantes la adquisición de habilidades sociales, puesto que se ven obligados a colaborar con diferentes tipos de personas, unas más afines a ellos que otras, y que tienen motivaciones, objetivos, personalidades y habilidades diferentes.

En resumen, Nucleo utiliza una estrategia clásica PBL gestionada a través de un LMS, con la incorporación de una serie de elementos destinados a implementar las cuatro estrategias arriba mencionadas. En particular: un Entorno Virtual Multi Usuario (en adelante referenciado por su acrónimo en inglés MUVE, *Multi-User Virtual Environment*) para escenificar las interacciones, una estrategia de aprendizaje específica y un módulo de adaptación.

Se han realizado una serie de experimentos con alumnos para probar una serie de hipótesis relacionadas con efectividad del entorno propuesto. Los experimentos se han realizado para asignaturas relacionadas con el aprendizaje de la programación, en un contexto *blended-learning* en el que la gestión de las interacciones virtuales se ha llevado a cabo tradicionalmente a través de un LMS.

### 3. Estructura del trabajo

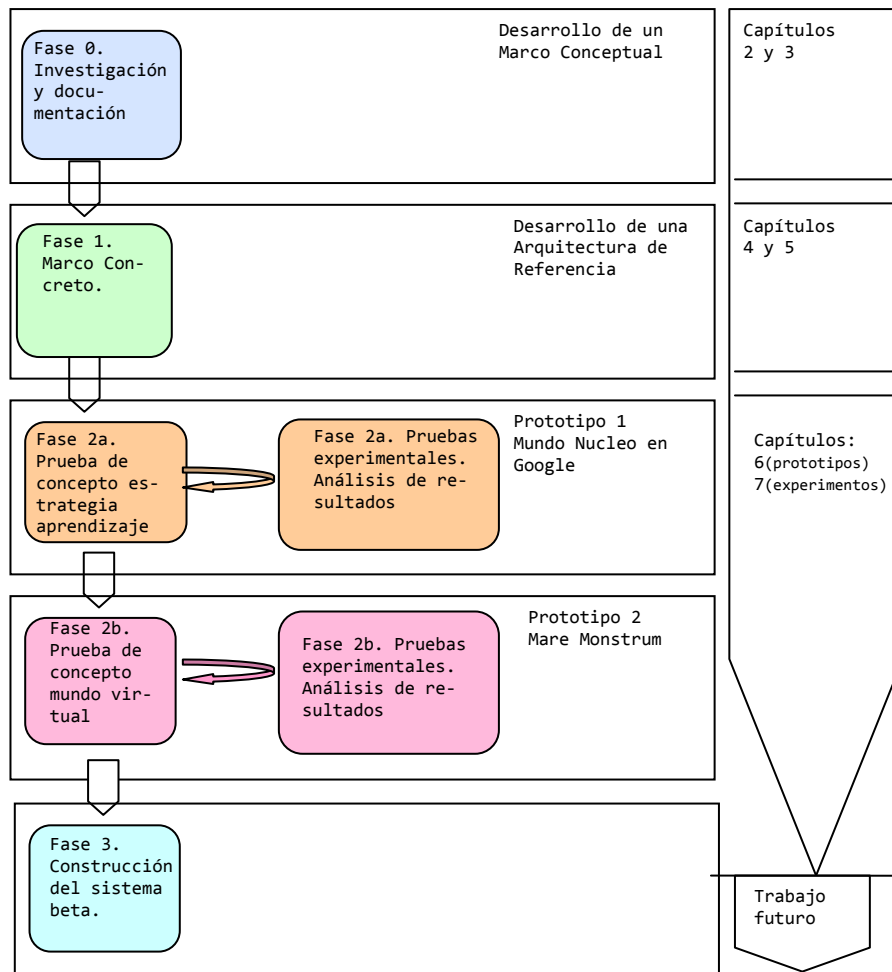
El marco más común para el desarrollo de aplicaciones *e-learning* a gran escala es probablemente la metodología ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*, es decir, Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) [Molenda, 2003; Hall, 1997]. Originalmente, la metodología ADDIE estaba enfocada al desarrollo de entornos educativos presenciales, pero, en los últimos años, su uso se ha extendido al de las aplicaciones *software* (especialmente en el dominio del *e-learning*). Esta metodología descompone el proceso de creación de un sistema de aprendizaje en las cinco fases indicadas en su nombre (el proceso es generalizable a sistemas de aprendizaje de cualquier índole, incluidos presenciales y *blended learning*) (ver Figura 1.1):



**Figura 1.1.** Fases de la metodología ADDIE.

Sin embargo, se ha criticado frecuentemente los procesos de desarrollo ADDIE por ser excesivamente rígidos, lineales y restrictivos, lo que deriva en costes altos y unos plazos de desarrollo demasiado extensos [Kruse, 2002]. Como alternativa, se han propuesto modelos que flexibilizan el proceso acortando algunas de las fases,

considerando una visión más integral e iterativa del proceso de aprendizaje. Una de ellas es el llamado prototipado rápido, que consiste en dividir el proceso integral en fases sucesivas y prototipar cada una de ellas, probando los diferentes módulos en contextos reales. Este modelo permite reducir costes al tiempo que se agiliza el proceso, obteniendo resultados rápidos que sirven para retroalimentar el proceso iterativo de análisis y desarrollo.



**Figura 1. 2.** Plan de desarrollo de la propuesta Nucleo.

En nuestra propuesta, con el fin de reducir costes de desarrollo e incrementar la eficiencia pedagógica, hemos diseñado un plan de desarrollo por fases incrementales, utilizando un modelo de prototipado rápido. El plan se divide en cinco fases. El diseño de la metodología de implementación tiene como objetivo probar conjuntos incrementales de hipótesis pedagógicas (ver Figura 1. 2):

- Fase 0: Investigación de tecnologías existentes (estudio del *estado del arte*). El objetivo de esta fase es crear un marco conceptual que sirva de base para el desarrollo de nuestro sistema. Se trata de un proceso puramente documental consistente en investigar sistemas, tecnologías y aplicaciones *e-learning* en distintos contextos, con el fin de determinar tanto una estrategia de aprendizaje como su posible implementación tecnológica, que permitan cumplir con los objetivos propuestos. Las principales conclusiones resultantes de esta fase están expuestas en los Capítulos 2 y 3 de este trabajo.
- Fase 1: Desarrollo de un marco concreto. Sobre el marco conceptual desarrollado en la Fase 0 se ha desarrollado un marco concreto y una arquitectura de referencia para implementar el sistema Nucleo. Se trata de una aplicación diseñada en función de unos requisitos concretos que es integrable en un LMS. Los resultados de correspondientes a esta fase se describen a lo largo de los Capítulos 4 y 5.
- Fase 2a: Desarrollo de un prototipo y prueba de concepto sobre la estrategia pedagógica. Esta fase tiene como objetivo probar una serie de hipótesis relacionadas con la eficiencia de la estrategia pedagógica subyacente en relación a lo que hemos considerado los indicadores de éxito. En concreto, hemos considerado la reducción de las tasas de abandono, las calificaciones obtenidas en los exámenes y el incremento de intercambio social, como indicadores principales. El prototipo desarrollado para probar este primer conjunto de hipótesis se presenta el Capítulo 6 y los resultados experimentales en el Capítulo 7.
- Fase 2b: Desarrollo de un prototipo y prueba de concepto sobre el efecto del entorno virtual. El principal objetivo de esta fase es comprobar una si utilizando un mundo virtual y un juego de rol multi-jugador, se consiguen mejorar las dinámicas de grupo e incrementar la motivación de los alumnos. Adicionalmente, se han obtenido más resultados sobre la eficiencia de aspectos relacionados con la estrategia de aprendizaje. El prototipo se describe en el Capítulo 6 y los resultados experimentales Capítulo 7.
- Fase 3. Desarrollo de la aplicación beta con funcionalidad completa. Durante esta fase se desarrollará el sistema con su funcionalidad completa y se distribuirá para que sea probado en diferentes contextos de aprendizaje. Debido a los elevados costes de desarrollo que esta fase requiere, se ha querido garantizar la eficiencia de ciertas funcionalidades básicas y refinarlas en las fases previas. La realización completa de esta fase queda fuera del ámbito del presente trabajo de tesis y se desarrollará como trabajo futuro.

#### 4. A modo de conclusión

En este capítulo se ha presentado una introducción al contexto socio cultural en el que se aplica nuestra propuesta, destacando la problemática específica que pretendemos abordar.

La formación actual demanda el desarrollo de destrezas para el trabajo en grupo y *soft skills*, para lo que resulta esencial potenciar de algún modo la motivación y participación activa de los alumnos, pero éstas han sufrido un acusado descenso durante la última década. Además, resultaría muy conveniente que dicha solución pudiera enmarcarse en las herramientas para gestionar el proceso de aprendizaje ya existentes (los LMS).

Sobre esta motivación, se han presentado los objetivos concretos del este trabajo, junto con un esbozo de nuestra propuesta: Nucleo. En concreto, se han mencionado sus características clave.

Por último, se ha ofrecido un esquema de la estructura del trabajo por objetivos parciales, relacionando cada uno de ellos con los capítulos en los que se abordan.

## Capítulo 2

### Estudio de herramientas e-learning y su clasificación pedagógica

En este capítulo se revisa un amplio espectro de herramientas *e-learning* bajo un punto de vista no sólo tecnológico, sino también pedagógico. Analizamos el impacto que la evolución en las teorías pedagógicas ha supuesto en las aplicaciones de enseñanza asistida por computador y el *e-learning*, ofreciendo una clasificación de las herramientas *e-learning* en función de la corriente pedagógica que subyace como base del aprendizaje. El objetivo de este capítulo es, a partir de este análisis, aproximarnos a un modelo pedagógico y a una tecnología de implementación que se ajusten de la mejor manera a las características del alumnado y a los objetivos de formación que perseguimos.

#### 1. Introducción

En los siguientes apartados de este capítulo vamos a analizar diferentes herramientas y aplicaciones *e-learning* desde la perspectiva de la concepción de aprendizaje que subyace. Hay que hacer notar, que si bien existen trabajos que utilizan esta misma perspectiva de catalogación [Mayes, 2004; Bartolomé, 1998], no es la más usual (consúltese [Gomez-Martín 2007] para otros tipos de clasificación). Con todo, la hemos escogido porque nos parece especialmente pertinente con vistas a los objetivos que persigue este trabajo.

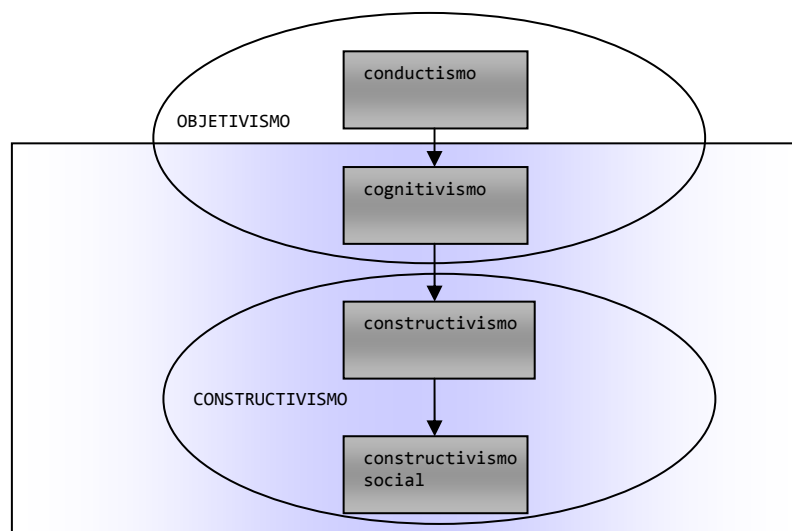
El hecho es que, a lo largo de la historia, ha variado profundamente la idea de qué significa aprender y los mecanismos que se han empleado para facilitar el aprendizaje. Lógicamente, esta evolución no sólo ha afectado a la forma de impartir las clases en las aulas, sino también a las aplicaciones de enseñanza asistida por computador y el *e-learning*. Si bien, esta correspondencia no se trata de una correspondencia perfectamente nítida. Por lo general, los desarrolladores de herramientas *e-learning* están más preocupados por conseguir productos útiles que por seguir fielmente los planteamientos teóricos que están ligados a las concepciones del aprendizaje humano, cuya efectividad es difícil de demostrar. Resulta, por tanto, complicado catalogar las herramientas *e-learning* bajo una única corriente pedagógica, ya que la enorme mayoría de ellas presentan características pedagógicas mixtas. Este es seguramente el motivo por el que la clasificación aquí desarrollada no sea demasiado habitual.

Es bastante común considerar la evolución de la psico-pedagogía asociada a tres importantes saltos conceptuales [Greeno, 1996; Hathaway, 2007]: del conductismo al cognitivismo, del cognitivismo al constructivismo y, el más reciente, del constructi-



vismo al socio-constructivismo (ver Figura 2. 1). Con todo, consideramos que limitar la historia de la psico-pedagogía a estos cuatro grandes bloques (conductismo, cognitivismo, constructivismo y socio-constructivismo) es, sin lugar a dudas, una simplificación. Sin embargo, queda fuera del objetivo de este trabajo, por su naturaleza tecnológica, hacer un estudio más profundo de la historia de la pedagogía.

En este capítulo presentamos, en primer lugar, una breve revisión de las cuatro corrientes psico-pedagógicas que hemos considerado más influyentes y establecemos un criterio para clasificar las herramientas *e-learning* en una u otra corriente (apartado 2). A continuación, cada uno de los siguientes tres apartados (3, 4 y 5), está dedicado a analizar las herramientas clasificadas bajo cada uno de los grandes bloques (se han agrupado las herramientas basadas en el conductismo y el cognitivismo en bloque único llamado objetivismo). Por último, en el apartado 6, se ofrece una revisión crítica del contexto a modo de conclusión.



**Figura 2. 1.** Evolución de las corrientes pedagógicas.

## 2. Evolución de las teorías pedagógicas y su impacto sobre el e-learning

### 2.1. Breve historia de la psico-pedagogía

Existen cuatro grandes corrientes pedagógicas que han afectado profundamente a la concepción del aprendizaje y, en consecuencia, a los métodos (o *aproximaciones* al aprendizaje) utilizados para llegar a él. Se trata de: el conductismo, el cognitivismo, el

constructivismo y el socio-constructivismo. Para cada una de estas grandes corrientes, existen, además, diferentes *aproximaciones* que, si bien comparten la misma filosofía profunda sobre el aprendizaje, difieren entre sí en los mecanismos concretos para conseguirlo.

El conductismo, atribuido inicialmente a John B. Watson [Watson, 1914], se basa en las siguientes tres premisas:

1. Dado que es imposible determinar o medir cambios en la estructura cerebral del ser humano, todo proceso cognitivo (incluido el aprendizaje) debe ser descrito en función de una conducta.
2. Cualquier conducta se produce como respuesta a un estímulo externo. Los estímulos en aprendizaje se expresan en la forma de refuerzos positivos frente a respuestas correctas o castigos frente a respuestas incorrectas.
3. La mente del ser humano cuando nace es una *tabla rasa*. Por tanto, cualquier forma de aprendizaje parte de la memorización inicial de una serie de conceptos. Las actividades han de organizarse en orden de complejidad creciente, de manera que las componentes más simples sirvan de pre-requisitos a las tareas de mayor complejidad de acuerdo con una jerarquía de aprendizaje. La secuencia del proceso de aprendizaje está diseñada para que los alumnos aprendan de acuerdo a un proceso diseñado como una secuencia lógica de pasos simples y ordenados.

El cognitivismo rechaza parte de las premisas básicas del conductismo y, en particular, considera que la respuesta a un estímulo depende de cada individuo, de su estado cognitivo y de los patrones mentales que se desarrollan en su cerebro [Leahy, 1993]. Una diferencia fundamental entre ambas corrientes desde el punto de vista pedagógico, y que afecta a los métodos de enseñanza es que, en el caso del conductismo, el tutor debe procurar provocar la respuesta deseada en la conducta del alumno a partir de los estímulos externos (y que las respuestas son uniformes en diferentes individuos), mientras que el cognitivismo trata de corregir los modelos mentales formados en la mente del alumno, que son propios de cada individuo (es decir, el proceso de aprendizaje varía con cada individuo).

El impacto de este salto conceptual sobre las herramientas de aprendizaje asistido por computador y, en particular, el *e-learning* reside en la introducción del concepto de que cada individuo es único frente al aprendizaje (es decir que un estímulo no provoca la misma reacción en dos individuos diferentes). Esto implica necesariamente que el rendimiento del aprendizaje se incrementa si se adapta a las necesidades del alumno, por lo que se desplaza el foco del proceso de aprendizaje del tutor hacia el alumno (nacen así los llamados modelos de enseñanza centrados en el alumno). Por ejemplo, en el caso de los sistemas *e-learning*, estos modelos se materializan a través de las llamadas técnicas de adaptación, cuyo objetivo es personalizar algún aspecto del aprendizaje (nivel de los contenidos, formato de presentación, estrategia) en función de ciertas características individuales.

Sin embargo, el diseño del aprendizaje desde el punto de vista de estructuración de contenidos y material, no se vio apreciablemente afectado por este primer salto conceptual de la pedagogía. El motivo es que estas dos corrientes comparten la premisa de que el conocimiento existe de manera objetiva fuera de los individuos. Si bien el cognitivismo considera que cada alumno posee su propio esquema mental, existe objetivamente un modelo mental *correcto* para cualquier área de conocimiento. Por tanto,

las estrategias de instrucción cognitivistas están destinadas precisamente a corregir los modelos mentales equivocados, de la misma forma que una secuencia de instrucciones destinadas a reforzar las conductas positivas están destinadas a proporcionar los adecuados estímulos que lleven al alumno a adquirir el conocimiento en el conductismo. En este estudio hemos englobado ambas corrientes en lo que hemos llamado corriente objetivista [Greeno, 1996], por la consideración esencial de que el conocimiento es algo *objetivo*, susceptible de ser transmitido del tutor al alumno, y la similitud de sus métodos. Ya sea tratando de influir en sus patrones mentales para corregirlos o proporcionando los estímulos adecuados para desencadenar la deseada conducta del individuo, el hecho es que desde el punto de vista práctico el diseño del método de instrucción es similar en ambas corrientes.

La incorporación del constructivismo supuso, en cambio, una revolución desde el punto de vista del diseño de la instrucción, debido a la incorporación de dos principios básicos radicalmente opuestos a la concepción anterior del aprendizaje:

- Se desecha la idea de que existe una representación objetivamente correcta del conocimiento para considerar que cada individuo construye su propia representación mental, siendo todas igualmente válidas (inicialmente fue atribuido a Kant en “La crítica de la razón pura” y posteriormente incorporado a sus trabajos sobre educación por John Dewey [Hawkins, 1994; Dalgarno, 1996; Von Glasserfeld, 1984]).
- Se considera que el conocimiento se adquiere a través de la experiencia (el principio *learning by doing* o aprender haciendo), principio atribuido originalmente a Piaget [Piaget, 1970].

El tercero de los saltos que han marcado las pautas pedagógicas en las últimas décadas es la incorporación del socio-constructivismo (originalmente atribuido a Vygotsky [Vygotsky, 1978]), que supuso, como el anterior, una alteración importante en el diseño de los métodos de aprendizaje. Su principal aportación consiste en la incorporación del contexto social y la interacción entre los participantes del proceso como elementos esenciales; el aprendizaje no sucede en la mente de un único individuo, sino que se considera el producto de un contexto socio-cultural en el que participan todos los miembros de una comunidad.

## 2.2. Criterios para la clasificación de las herramientas de aprendizaje virtual en virtud de las corrientes pedagógicas

De acuerdo con las anteriores consideraciones, en este trabajo las hemos clasificado las herramientas como en tres categorías (en la Tabla 2. 1 se resumen algunos aspectos relevantes de cada una de ellas). Esta clasificación tiene que ver, fundamentalmente, con la concepción misma del aprendizaje y, consiguientemente, con la manera de inducirlo a través de una serie de técnicas (lo que aquí hemos denominado *aproximaciones*):

- *Herramientas objetivistas*, si utilizan como método de aprendizaje alguna aproximación basada en principios de las corrientes conductistas o cognitivistas (apartado 3). Por su particular relevancia dentro de las tecnologías *e-learning*, hemos considerado dentro de este bloque las siguientes aproximaciones: la enseñanza

asistida por computador (CAI, o *Computer Assisted Instruction*), los tutores inteligentes y los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS, o *Learning Management Systems*).

- *Herramientas constructivistas*, si su influencia principal es el constructivismo (apartado 4). En este bloque hemos considerado las herramientas *e-learning* que utilizan las siguientes aproximaciones: hipermedia e hipertexto, simuladores y videojuegos educativos.
- *Herramientas socio-constructivistas*, si aplican prioritariamente principios socio-constructivistas (apartado 5). En esta categoría hemos considerado las siguientes aproximaciones: el aprendizaje basado en problemas (PBL, o *Problem Based Learning*), las *Comunidades de práctica* (o CoP, *Communities of Practice*), los juegos multi-jugador en red (o MMOG, *Massive Multiplayer Online Games*) y el aprendizaje en entornos virtuales multi-usuario (o MUVE, *Multi-User Virtual Environments*). Las aproximaciones PBL se implementan en sistemas *e-learning* a través de las llamadas herramientas CSCL (*Computer Supported Collaborative Learning*) o dPBL (*distributed Problem Based Learning*). Por su particular relevancia para este trabajo, las aproximaciones de la rama socio-constructivista son tratadas en mayor detalle que el resto.

Es necesario recalcar, como ya se mencionó en el apartado 2 que muy pocas de las herramientas analizadas pueden considerarse *puras*, ya que, en mayor o menor grado, la gran mayoría presentan características pedagógicas mixtas. Por ello, para poder clasificar una herramienta dentro de una corriente, es necesario determinar cuáles son sus características dominantes. Con este fin, nos hemos planteado tres preguntas clave en función de cuya respuesta consideraremos que una herramienta pertenece a una u otra corriente [Mayes, 2004]:

1. ¿La prioridad del aprendizaje es adquirir conocimiento sobre temas o materias? En caso de que sea así, consideramos que la corriente más influyente es la objetivista.
2. ¿Se persigue un aprendizaje individual activo con realimentación por parte de tutores o colegas? En este caso pensamos que la herramienta se puede clasificar como constructivista.
3. ¿Se fomenta la discusión activa entre grupos de participantes con el desarrollo de prácticas en situaciones realistas con relevancia del contexto? Si se cumple esta premisa consideramos que se trata de una herramienta socio-constructivista.

	Objetivismo	Constructivismo	Socio-constructivismo
¿Qué es el conocimiento?	El conocimiento es objetivo y existe fuera de los individuos	El conocimiento es algo personal y se crea en la mente de los individuos	El conocimiento forma parte de un contexto socio cultural y está diseminado entre los componentes de una comunidad
¿Cómo se adquiere?	Por transmisión de los conceptos de profesor a alumno	El alumno construye su propio conocimiento sobre sus conocimientos previos mediante la interacción activa con materiales didácticos	Participando activamente en comunidades de práctica en las que se trabaja de manera activa con un objetivo común
Foco sobre el que se sitúa el aprendizaje	Aprendizaje organizado y dirigido por el tutor. Objetivos diseñados por el tutor. El tutor lleva el seguimiento y la evaluación de los objetivos	Aprendizaje auto regulado Motivación del aprendizaje sustentada sobre objetivos personales.	Aprendizaje dirigido por los objetivos comunes a la comunidad de práctica. Fomentar el desarrollo de la autonomía y la auto confianza en el alumno en cuanto a su capacidad para gestionar su propio aprendizaje.
Actividades para construir la comprensión de conceptos	Transmisión de conceptos del dominio. Organización de actividades en orden de dificultad creciente. Continuo feedback profesor-alumno	Interacción con material, sistemas y conceptos del dominio. Personalización en función de conocimientos previos. Aprendizaje acumulativo. Interacción con otros aprendices y discusión del aprendizaje, desarrollo y competencias.	Entornos de participación en prácticas sociales de aprendizaje. Facilitar el desarrollo de relaciones. Realización de prácticas en situaciones reales.
Objetivos del proceso de aprendizaje	Repetición de los conceptos aprendidos Desarrollo de competencias y habilidades.	Demostración de comprensión conceptual y la extracción de los principios que rigen un determinado dominio. Aprender cómo aprender. Resolución de problemas en situaciones reales.	Adquisición de prácticas disciplinares de discurso y representación. Adquisición de capacidades para establecer procesos de colaboración, relaciones con otros miembros del grupo. Formulación y resolución de problemas realistas.

**Tabla 2. 1.** Aspectos más relevantes de las tres corrientes pedagógicas (adaptada de [Mayes, 2004]).

### 3. Herramientas de las corrientes objetivistas

El denominador común de todas las aproximaciones pertenecientes a la corriente objetivista, es que el conocimiento existe objetivamente. Es decir, es una entidad independiente de los individuos y, por lo tanto, puede ser transmitido del profesor al alumno. Esto implica que, si los conceptos están bien explicados, pueden ser adquiridos por el alumno por el mero hecho de escuchar o leer las explicaciones del profesor [Galarneau, 2004]. Esta visión es común a las corrientes conductista y cognitivista, si bien, ambas corrientes difieren entre sí en algunos otros aspectos esenciales.

De acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 2. 1, hemos incluido dentro de este grupo tres tipos de aproximaciones: las aplicaciones CAI (*Computer Assited Instruction*), los tutores inteligentes (ITS, *Intelligent Tutoring Systems*) y los LMS (*Learning Management Systems*) o sistemas de gestión del aprendizaje.

El primer tipo, las herramientas CAI, puede ser catalogado sin demasiada ambigüedad dentro de este grupo. Sin embargo, la cosa cambia para los otros dos tipos (los ITS y los LMS) y nuestra clasificación es más discutible. De hecho, por ejemplo, es frecuente que los propios fabricantes de las aplicaciones cataloguen los ITS como herramientas constructivistas o los LMS como socio-constructivistas.

Nuestro criterio para inscribir los ITS dentro del grupo objetivista radica en que, si bien muchos tutores inteligentes aplican el principio *learning by doing* a través de la resolución de problemas o ejercicios prácticos, también presuponen que el conocimiento existe de manera objetiva, y que hay una manera *adecuada o correcta* de adquirirlo, por lo que a menudo implementan estrategias destinadas a corregir los patrones mentales equivocados que adquieren los alumnos a lo largo del proceso.

Con respecto a los LMS, se trata de herramientas de amplio espectro que, en principio, no se inscriben en ninguna corriente pedagógica concreta, y que podrían soportar estrategias de aprendizaje de cualquier paradigma. De hecho, en un LMS, contrariamente a lo que sucede con las herramientas CAI o los ITS, la estrategia de aprendizaje no está implementada en la lógica del sistema. Es el profesor el encargado de diseñarla y materializarla con ayuda de las herramientas que el LMS pone a su disposición. Pese a ello, en la práctica, en la gran mayoría de los casos, su uso se limita a su utilización como base de aproximaciones objetivistas.

#### 3.1. CAI (Computer Assisted Instruction)

Las herramientas CAI, fueron las primeras herramientas de aprendizaje asistido por computador que aparecieron en los años 50, 60 y 70, y se sustentaban sobre el paradigma conductista, que era el más extendido también en educación presencial. Esto implica que partían del principio de que el aprendizaje comenzaba por la memorización de hechos, y a partir de ahí la estrategia de instrucción se componía como una secuencia de pasos simples y ordenados en orden de complejidad creciente (principio de *drill and practice* o *práctica y repetición*). Quizás una de las primeras aplicaciones desarrolladas de las que se tiene constancia, sea la *máquina de enseñar* desarrollada por el psicólogo B.F. Skinner entre 1953 y 1956, que contenía un listado de preguntas y un mecanismo a través del cual el alumno podía responderlas recibiendo una recompensa por cada respuesta correcta. Skinner fue uno de los pioneros de la corriente con-

ductista, y su máquina de enseñar era una aplicación de estos conceptos [Skinner, 1976].

Podría considerarse que este tipo de aproximaciones sufre en la actualidad un relativo desprestigio debido, por un lado, a la creciente influencia del constructivismo y, por otro lado, a que se suelen identificar con estrategias de aprendizaje centradas en el tutor y no en los alumnos.

Prescindiendo de la relativa aceptación que hoy en día tiene la teoría que subyace, lo cierto es que la práctica y la repetición como base para el aprendizaje de destrezas es un principio ampliamente reconocido. Y ese es, precisamente, el principio que se aplica aquí. Si un educador trata de basar toda su enseñanza sobre esta base, posiblemente esté cayendo en un reduccionismo difícil de sostener, pero si aplica programas específicos de ejercitación para una situación concreta de aprendizaje de destrezas, seguramente estará resolviendo el problema de una forma rápida y eficaz.

Hoy en día algunos programas de estimulación precoz siguen este modelo. También lo siguen algunos programas para niños pequeños que se dirigen a resolver problemas concretos relacionados con la lecto-escritura, como identificación de sonidos, reconocimiento de grafismos, etc. También hay que considerar programas de ejercitación complejos, auténticos sistemas para el aprendizaje de conjuntos de destrezas en áreas específicos. Son programas que siguen todo el progreso de un alumno, por ejemplo, en ortografía. El seguimiento del sujeto y su progresión los hacen especialmente válidos para su uso en varios niveles de aprendizaje, siempre ocupando un papel concreto en la perspectiva del aprendizaje global del alumno.

Globalmente considerados, los programas de ejercitación parecen adecuados para el aprendizaje de destrezas sencillas, como son elementos de ortografía, pronunciación, cálculo, reconocimiento visual, etc.

Actualmente, las aplicaciones CAI también se comercializan bajo los nombres de CBT (*Computer Based Training*) o *e-training*.

### 3.2. Tutores Inteligentes

Un tutor inteligente (ITS) es una aplicación diseñada con el objetivo de proporcionar al alumno un entorno de aprendizaje individualizado. Su objetivo es corregir el patrón mental del alumno hacia la estructura de aprendizaje que se considera correcta, a través de aplicaciones de inteligencia artificial que le guían en el proceso de aprendizaje y que contienen normalmente mecanismos de adaptación en función de las necesidades o preferencias del alumno (por lo general en función de su nivel de conocimiento).

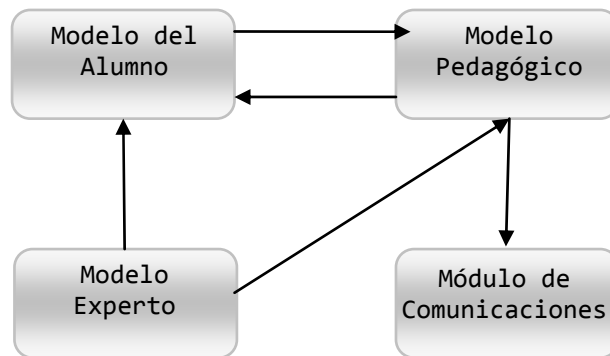
Desde el punto de vista tecnológico, existe una diferencia fundamental entre los ITS y cualquier otro tipo de aplicación educativa: un ITS *razona* sobre el conocimiento del alumno y cuál es la mejor manera de enseñarle. Para todos los otros sistemas educativos analizados, las decisiones sobre la forma concreta de enseñar están codificadas, ya sea en la propia lógica del sistema o través de un guión expresado mediante un lenguaje de modelado educativo (ver Capítulo 3, apartado 4).

Desde el punto de vista de la corriente pedagógica que subyace en los sistemas ITS, puede considerarse que en su inmensa mayoría se trata de sistemas que tienen muchas características de la corriente cognitivista. Estos sistemas, parten de la hipóte-

sis de que en el cerebro de cada individuo se almacena una serie de modelos mentales de las relaciones entre los conceptos que aprendemos, y estos modelos mentales son diferentes para cada individuo. Sin embargo, también consideran que existe un modelo mental *correcto*. Por ello, tratan de emplear técnicas cuyo objetivo es averiguar qué modelos propios ha desarrollado el alumno sobre un determinado concepto y, a partir de ahí, detectar los errores más comunes sobre determinados conceptos.

Con todo, los ITS proporcionan pistas, retroalimentación y soluciones para ayudar a corregir al alumno, que son técnicas que normalmente se asocian a las teorías constructivistas. Además muchos de ellos emplean el principio *learning by doing* propio de esta corriente, si bien desde la perspectiva objetivista de que el conocimiento existe fuera del individuo. Este es el motivo, por el que los hemos catalogado como herramientas objetivistas, si bien su clasificación podría considerarse ambigua por mezclar características correspondientes a varias corrientes.

Los tutores inteligentes emulan el comportamiento de un profesor humano tratando de identificar qué deben enseñar (dominio de conocimiento) y cómo enseñarlo (es decir, cuál es la estrategia pedagógica que se debe aplicar) a partir de información recuperada sobre el alumno. Esto requiere, al menos, representar el conocimiento sobre el dominio (lo que se suele llamar el Modelo Experto), representar el modelo pedagógico (o Modelo de Instrucción) y adquirir conocimiento sobre el alumno al que se desea enseñar (Modelo del Alumno). Por lo general, los ITS se representan compuestos por estos tres módulos encargados de estos tres modelos más un cuarto, el llamado Módulo de Comunicaciones [Woolf, 1992]. En la Figura 2. 2 se representan los diferentes componentes de un ITS y las relaciones entre ellos.



**Figura 2. 2.** Componentes típicos de un ITS.

- El *Modelo de Alumno*, almacena información específica de cada individuo. El objetivo de este módulo es el de proporcionar información al módulo pedagógico sobre qué conocimientos ha adquirido el alumno sobre el dominio enseñado, por lo que, como mínimo, se deben registrar los progresos del alumno en función del material proporcionado. Se puede complementar esta información con los errores cometidos por el alumno en su interacción con el sistema con el propósito de inferir algún tipo de fallo en la estrategia de aprendizaje.



- El *Modelo Pedagógico*, proporciona un modelo de información sobre el proceso del aprendizaje. Por ejemplo, qué información hay que proporcionar al alumno, cuándo conviene pasar a un nuevo tema, cuándo presentar un ejercicio de refuerzo, cuándo se realiza un examen, etc. El Modelo del Alumno actúa como entrada de este módulo, de tal manera que las decisiones pedagógicas tomadas tienen que ver con las necesidades que se van detectando para cada alumno.
- El *Modelo Experto*, contiene la información relativa al dominio de conocimiento que se pretende enseñar. Por lo general requiere de técnicas de ingeniería del conocimiento con el fin de poder representar el conocimiento de manera computable para que los otros módulos tengan acceso a él. Entre los principales problemas a la hora de representar el conocimiento están: los elevados costes, la inviabilidad para dominios de conocimiento amplios y el problema asociado a la representación de componentes del dominio diferentes a hechos y procedimientos, tales como conceptos abstractos o modelos mentales.
- El *Módulo de Comunicaciones* controla las interacciones con el alumno, tanto desde el punto de vista de la representación de los contenidos que se le presentan, como de la recuperación de datos relativos a su interacción con el sistema que puedan ser de utilidad para el modelo de usuario.

Algunos trabajos recientes relacionados con la tecnología de los tutores inteligentes son:

- *WETAS* [Mitrovic, 2002] es un marco para el desarrollo de ITS cuyo objetivo es generar de manera sencilla y útil modelos para el alumno basados en restricciones en cualquier dominio. Dos sistemas que utilizan *WETAS* desarrollados por el mismo grupo de investigación son *SQL-Tutor*<sup>1</sup> y *NORMIT*<sup>2</sup>.
- *Ms. Lindquist*<sup>3</sup>. Es un ITS para la enseñanza del álgebra que emplea estrategias múltiples. Para cada pregunta el sistema selecciona una estrategia y la mantiene a lo largo de la misma.
- *LISTEN*<sup>4</sup>. Es un ITS para enseñar a leer a niños pequeños que contiene un sistema de reconocimiento de voz. El ITS interviene cuando el lector comete un error, se queda atascado, solicita ayuda o se considera que está teniendo dificultades.

---

<sup>1</sup> <http://www.aw-bc.com/databaseplacedemo/sqltutor.html>

<sup>2</sup> <http://www.cosc.canterbury.ac.nz/tanja.mitrovic/normit.html>

<sup>3</sup> <http://www.cs.cmu.edu/~neil/circlepage.html>

<sup>4</sup> <http://www.cs.cmu.edu/~listen/>

- *Autotutor* <sup>5</sup>. Es un ITS conversacional en la forma de un avatar animado que anima al alumno a discutir sobre temas teóricos, fomentando un tipo de respuestas largas y razonadas. Está diseñado para la enseñanza de la física Newtoniana y ayudar a desarrollar en los alumnos habilidades de razonamiento científico.
- *ICICLE* <sup>6</sup>. Es un ITS diseñado para enseñar a sordos el lenguaje inglés escrito, el sistema analiza un fichero de texto y proporciona retroalimentación individualizado sobre los errores cometidos, teniendo en cuenta el nivel de conocimientos del alumno y su estilo de aprendizaje así como las explicaciones previas y los conceptos relacionados. Una vez que el alumno corrige los errores sugeridos por el sistema, vuelve a enviar el texto repitiéndose el ciclo el número de veces que sea necesario.
- *Le Active Math* <sup>7</sup>. Es un ITS diseñado para el aprendizaje del cálculo a distintos niveles (desde el bachillerato a la universidad).
- *ANDES Physics Tutor* <sup>8</sup>. Es un proyecto de la Universidad de Pittsburg y de la Academia Naval de los EEUU. Se trata de un ITS para la enseñanza de física elemental en el que se ayuda al alumno a resolver problemas de manera gradual.

### 3.3. LMS y LCMS

Los LMS (*Learning Management Systems*) y los LCMS (*Learning Content Management Systems*) son sin duda las herramientas que actualmente cuentan con una mayor difusión para gestionar el aprendizaje virtual en instituciones educativas en general y en el ámbito de la formación empresarial.

Un LMS es una solución estratégica de alto nivel para planificar, distribuir y gestionar todos los sucesos relacionados con un proceso de aprendizaje. El objetivo principal de estos sistemas es integrar un amplio rango de herramientas pedagógicas y administrativas en un único sistema con el fin de centralizar globalmente el aprendizaje. Por ejemplo, con respecto a los alumnos, permiten un seguimiento de su progreso y de su rendimiento a través de todas las actividades educativas en las que participen o han participado a lo largo del tiempo.

---

<sup>5</sup> <http://www.autotutor.org/what/what.htm>

<sup>6</sup> <http://www.eecis.udel.edu/research/icicle/>

<sup>7</sup> <http://www.leactivemath.org/overview.html>

<sup>8</sup> <http://www.andestutor.org/>

Estos sistemas ofrecen una amplia gama de funcionalidades como:

- Gestión de los flujos de trabajo en procesos de formación: notificaciones al usuario, gestión de listas de espera, gestión de permisos.
- Evaluaciones on-line.
- Gestión de procesos para formación continua.
- Utilización de herramientas de *software* social para el aprendizaje colaborativo.
- Utilización de recursos para la gestión del aprendizaje desde el punto de vista del tutor.
- Gestión de procesos administrativos con capacidad de comunicación con otras herramientas de gestión de recursos humanos o ERPs (*Enterprise Resources Planning*).

Un LCMS (sistema gestor de contenidos educativos) es una herramienta íntimamente relacionada con los LMS creada específicamente para el desarrollo, gestión y publicación de los contenidos que utilizan los LMS. Se trata típicamente de entornos multi-usuario donde es posible crear, gestionar, importar, reutilizar, buscar y repartir recursos de contenidos educativos desde un repositorio central. Los contenidos educativos (ficheros en cualquier formato hipermedia) se almacenan como unidades de información con el objetivo de poder ser reutilizados, y se denominan objetos de aprendizaje (*learning objects*). El modelo de objetos de aprendizaje y sus estándares asociados (como LOM [LOM, 2002], SCORM [ADL SCORM, 2008] o IMS-LD [IMS LD, 2003]) por su especial relevancia para las tecnologías del aprendizaje, está detallado en el apartado 3.3.1 de este capítulo.

Aunque originalmente los LMS y los LCMS hacen referencia a sistemas con funcionalidades distintas (desde un punto de vista estricto un LMS no da cobertura a funcionalidades derivadas de la creación y gestión de contenidos educativos) es bastante frecuente que los LMS incluyan un LCMS que extiende su funcionalidad. De ahí que exista bastante ambigüedad en el uso de ambos términos, que en muchas ocasiones se usan indistintamente.

Estas herramientas no incorporan la lógica para implementar una estrategia de aprendizaje concreta, tal y como sucede con los ITS o las herramientas CAI. Es decir, no están diseñadas para enseñar automáticamente, sino que proporcionan un conjunto de herramientas y es el educador el encargado de diseñar sus propias estrategias a partir de ellas. Considerando el amplio rango de herramientas disponibles, podrían, de hecho, utilizarse para conducir el aprendizaje basado en aproximaciones pertenecientes a cualquier paradigma pedagógico. Sin embargo, en la práctica, se utilizan con mucha más frecuencia para aproximaciones derivadas de las teorías objetivistas. Por lo general, estos sistemas se basan en la utilización de plantillas para la creación de contenidos interactivos y, aunque ofrecen multitud de herramientas que extienden sus posibilidades hacia las ramas constructivistas y socio-constructivistas, es habitual que se utilicen como simples repositorios de contenidos [Livingstone, 2006].

Las características más habituales de los cursos presentados bajo este tipo de plataformas son:

- Se identifican de manera precisa los objetivos del aprendizaje en términos de las materias que se requiere dominar o las habilidades a adquirir.

- El método de instrucción implica el cumplimiento de los objetivos clasificados de manera jerárquica (*bottom-up*) de acuerdo con un análisis del dominio de conocimiento.
- Se suele incluir la presentación de problemas o casos que han sido cuidadosamente clasificados en orden dificultad.
- La evaluación suele estar automatizada bien a través del seguimiento de las actividades, bien a través de evaluaciones finales, bien utilizando ambos procedimientos combinados.

Algunos ejemplos de herramientas muy extendidas que implementan este modelo son:

- Herramientas de software libre (*Open Source*). Entre los más utilizados están:
  - .LRN<sup>9</sup>. Es un LCMS (*Learning Content Management System*) que surgió de un desarrollo inicial del MIT. Contiene una serie de funcionalidades básicas como foro, calendarios, tareas, proyectos y exámenes, y, en su filosofía de diseño, está orientado a dar soporte al aprendizaje colaborativo.
  - Sakai<sup>10</sup>. Sakai es un LMS y LCMS que posee multitud de herramientas orientadas al aprendizaje colaborativo como foros, *wikis*, *chats*. Soporta SCORM (ver apartado 3.3.1. de este capítulo). Es una de las herramientas utilizadas por la UCM como campus virtual.
  - Moodle<sup>11</sup>. Es un LCMS diseñado en base a principios socio-constructivistas que dispone de multitud de herramientas que facilitan el aprendizaje colaborativo (foros, *wikis*, *blogs*, *chats*). También contiene facilidades para asignación de diferentes roles y grupos con posibilidad de distintos niveles de accesibilidad a las herramientas. Al igual que Sakai, la UCM tiene un campus virtual que utiliza Moodle como plataforma.
  - Algunos otros sistemas destacables son: Atutor (<http://www.atutor.ca/>), Bodington (<http://bodington.org/>), Claroline (<http://www.claroline.net/>), Dokeos (<http://www.dokeos.com/>), iHelp (<http://ihelp.usask.ca>), ILIAS (<http://www.ilias.de/index.html>), LON-CAPA (<http://www.loncapa.org/>) OLAT (<http://www.olat.org/website/en/html/index.html>) y SiteFrame (<http://siteframe.org/>).
- Herramientas comerciales: Existen un gran número de plataformas propietarias LMS o LCMS. En la Universidad Complutense Madrid, por ejemplo, se utiliza

---

<sup>9</sup> <http://dotlrn.org/>

<sup>10</sup> <http://sakaiproject.org/>

<sup>11</sup> <http://moodle.org/>

como campus virtual oficial la plataforma *WebCT*, fusionada recientemente con *Blackboard* (<http://www.blackboard.com/us/index.Bb>), que incluye la gran mayoría de las funcionalidades básicas de un LMS con determinadas funcionalidades para la gestión de contenidos de un LCMS. Algunas otras son: *Angel LMS* (<http://angelllearning.com/>), *Apex Learning* (<http://www.apexlearning.com/>), *Compass* (<http://compasslearning.com/>), *Desire2Learn* (<http://www.desire2learn.com/>), *eCollege* (<http://www.ecollege.com/index.learn>), *Eduvo* (<http://www.eduvo.com/>), *School* (<http://www.edumate.com.au/>), *Scholar 360* (<http://www.scholar360.com/>), *TeleTOP Virtual Learning Environment* (<http://www.teletop.nl/en/>) o *WebStudy Course Management System* (<http://www.webstudy.com/ws-course-management-system.php>).

### 3.3.1. El Modelo de Objetos de Aprendizaje

Los objetos de aprendizaje (LOs, por su acrónimo en inglés *Learning Object*) se definen oficialmente como: “entidades digitales o no digitales que pueden ser utilizadas, re-utilizadas o referenciadas en el transcurso de un proceso de aprendizaje asistido por computador” [LOM, 2002]. Si bien la definición hace referencia a *prácticamente cualquier recurso de aprendizaje*, el aspecto clave del modelo es precisamente la capacidad reutilización de los LOs en distintos cursos y contextos. Para que esto sea posible, los LOs llevan asociado un conjunto de meta datos que lo describen y que posibilitan su utilización y re-utilización inteligente.

El modelo de los LOs fue adoptado como parte esencial en el desarrollo de estándares para la tecnología *e-learning* por el Comité para los Estándares de Tecnología Educativa del IEEE (*Learning Technology Standards Committee*) integrando distintas iniciativas de grupos como el *Dublin Core*<sup>12</sup>, *Ariadne*<sup>13</sup> e *IMS*<sup>14</sup> [IMS METADATA, 2002]. Los aspectos relacionados con la descripción a través de meta datos se convirtieron en el estándar oficial en el año 2002 y bautizado como *LOM (Learning Object Metadata)* [LOM, 2002].

Es decir, los cursos se componen como una secuencia o estructura de LOs, cada uno de los cuales está *enriquecido* con la información proporcionada por un sistema estandarizado de meta datos. De hecho, la idea original era llegar a componer cursos a partir de LOs de manera similar a una construcción fabricada con piezas de lego [Wiley, 2002], lo que lógicamente implicaría: un abaratamiento de los costes, una me-

<sup>12</sup> <http://dublincore.org/>

<sup>13</sup> <http://www.ariadne-eu.org/>

<sup>14</sup> <http://www.imsglobal.org>

jora de la calidad de los contenidos y una mayor flexibilidad a la hora de construir los cursos [Fernandez-Manjón, 2002].

Para que la reutilización de cursos entre distintas plataformas sea posible, los procedimientos para estructurar los cursos a partir de LOs, están regulados asimismo por diferentes estándares de facto. Entre estos estándares, los más extendidos son:

- *IMS CP* [IMS CP, 2003 (*IMS Content Packaging*)]. Esta especificación tiene como objetivo definir cómo empaquetar una colección de objetos de aprendizaje, sus meta datos, y las informaciones sobre la manera en que el contenido debe ser representado. En la práctica, se trata de crear un archivo comprimido que contiene todos los ficheros apropiados, así como un fichero definiendo los contenidos de los diferentes ficheros y las relaciones entre ellos.
- *SCORM* [ADL SCORM, 2008], es un conjunto de normas técnicas que permite a los sistemas *e-learning* importar, ejecutar y reutilizar contenidos de aprendizaje que se ajusten al estándar. La norma SCORM regula los siguientes aspectos:
  - *Modelo de Agregación de Contenidos (Content Aggregation Model)*, que asegura métodos coherentes en materia de almacenamiento, de identificación, de condicionamiento de intercambios y de recuperación de contenidos. El modelo de agregación de contenidos puede descomponerse en varias funcionalidades. La primera, utiliza los meta datos LOM para catalogar los objetos educativos. La segunda, define cómo implementar los meta datos mediante un archivo XML a fin de que sean computables. La última especificación trata del empaquetado y utiliza IMS CP. De hecho, la norma SCORM es, en lo referente al aspecto de agregación de contenidos, un perfil de aplicación de los estándares LOM e IMS CP.
  - *Entorno de Ejecución (Run-Time Environment)*, describe las exigencias sobre el LMS, para que este pueda gestionar el entorno de ejecución con el contenido SCORM.
  - *Secuenciamiento y de navegación (Sequencing and Navigation)*, permite una presentación dinámica del contenido. Describe cómo el sistema interpreta las reglas de secuenciamiento introducidas por un desarrollador de contenidos, así como los eventos de navegación lanzados por el estudiante o por el sistema.
- *IMS Learning Design* [IMS LD, 2003]. SCORM tiene una limitación esencial, y es que, únicamente, establece una norma estándar para estructurar cursos individuales, bajo una perspectiva objetivista. IMS LD es un lenguaje de modelado educativo mucho más amplio, que permite modelar y expresar mediante un lenguaje computable (implementado mediante XML) cualquier escenario pedagógico (para más detalles ver Capítulo 3 apartado 4.2.1).

El modelo de objetos educativos ha tenido un gran impacto en la comunidad educativa durante los últimos 10 años, lo cual se manifiesta en la profusa actividad de estandarización llevada a cabo y en desarrollo de aplicaciones basadas en este modelo (en [ARIES, 2008] puede encontrarse una completa colección de ejemplos sobre tecnología relacionada con el modelo de objetos de aprendizaje). Quizás una de las mayores ventajas que ofrece el modelo de objetos de aprendizaje es la posibilidad de acceder a un gran número de repositorios de LOs, cada vez con mayor número de recursos debido a la generalización del modelo, y a la gran cantidad de aplicaciones que han ido adhiriendo al mismo. Otra de las ventajas derivadas de este mismo

fenómeno es la creciente interoperabilidad de los recursos educativos entre distintas plataformas.

Sin embargo, existen voces que denuncian un abuso del uso del concepto y quizás también una sobre-estimación de su potencial educativo [Polsani, 2003]. Entre las debilidades del de objetos educativos modelo están:

- Los LOs se describen a través de un conjunto de meta datos que se adjuntan a los mismos. Estos meta datos describen al objeto desde diferentes puntos de vista, muchos de los cuales son inmediatos y automatizables de manera sencilla, mientras que otros exigen una catalogación bastante de laboriosa. El problema está en quién y cómo se encarga de rellenar los meta datos del objeto para que cumplan su cometido. Puesto que esta información sirve a las aplicaciones para aplicar criterios de búsqueda inteligente, valoraciones, etc.. si la tarea no se realiza de manera correcta (lo cual sucede con relativa frecuencia) el modelo pierde gran parte de su potencial.
- Entre la información que se adjunta a los LOs a través de sus meta datos, no existe ningún campo que contenga información contextual sobre los mismos. Esto se debe la neutralidad pedagógica con la que se definen los recursos, lo que les otorga generalidad pero inhibe sus posibilidades de utilización automática en la creación de cursos.
- La información contenida en los meta datos consiste, salvo algunas excepciones, cadenas de texto libre, por lo que su automatización resulta difícil. Existen algunas propuestas para enriquecer la operatividad mediante técnicas de web semántica [Sancho, 2005].
- Este concepto se ajusta sobre todo a los paradigmas educativos basados en el objetivismo, pero no tanto a los constructivistas, en los que el material se construye en el transcurso del proceso de aprendizaje por los propios alumnos.

Un estudio más amplio sobre estos aspectos puede encontrarse en [Fernández-Manjón, 2006].

#### 4. Herramientas constructivistas

Como hemos mencionado anteriormente, las corrientes constructivistas parten de la base de que el conocimiento no existe de manera objetiva, sino que se genera a través de procesos activos en la mente del alumno por conexiones entre las experiencias nuevas y las estructuras de conocimiento preexistentes. Por esta razón, los métodos de enseñanza se sustentan sobre la base de que el conocimiento no puede ser simplemente transmitido por el instructor y recibido por el alumno, sino que se produce como resultado de la realización de procesos activos por parte del alumno. Responde a la máxima *learning by doing*, es decir, “aprender haciendo” o “aprender a través de la experiencia”.

El constructivismo cognitivo o constructivismo puro se deriva de las teorías de Piaget [Piaget, 1970], que afirman que el aprendizaje no se produce por la absorción de ideas del mundo exterior, sino que los conceptos se construyen a través de la experimentación personal y la observación activa. Esta corriente considera que existen

importantes evidencias de que el método tradicional de enseñanza didáctico no conduce a una comprensión aplicable o práctica del dominio de conocimiento. No es posible transmitir conocimiento experto a través de la simple explicación de conceptos y la memorización. Los nuevos conceptos se construyen sobre los marcos de conocimiento previos que el alumno posee, a través de la resolución activa de problemas y la retroalimentación, aspecto que adopta del cognitivismo. La diferencia básica entre esta corriente y el cognitivismo radica en que el cognitivismo considera que el conocimiento existe de manera objetiva y, por tanto, es susceptible de ser transmitido, mientras que el constructivismo considera que el conocimiento únicamente se consigue a través de la experimentación.

Hay multitud de implementaciones *e-learning* que toman como base este el principio de aprender a través de la experiencia, entre ellas: las aplicaciones de hipertexto e hipermedia, los simuladores y los videojuegos educativos. En los siguientes apartados se analizan brevemente estas aplicaciones.

#### 4.1. Hipertexto e Hipermedia

El término hipertexto fue acuñado por Ted Nelson a principios de los años 60, pero el concepto en sí es unos 15 años anterior y se suele atribuir a Vannevar Bush [Gygi, 1990; Rieber, 1994; Park, 1993]. El hipertexto consiste en colecciones de información textual (nodos) que contienen palabras que actúan como enlaces hacia otros nodos [McKnight, 1991]. El término hipermedia extiende este mismo concepto hacia cualquier formato de información (no únicamente texto) en el que los enlaces hacia otras unidades de información también pueden ser gráficos, botones o iconos [Gygi, 1990; Seaman, 1993].

Las aplicaciones de hipertexto e hipermedia permiten navegar a través de la información con total libertad, dejando el control del aprendizaje en poder del alumno. Este concepto es, por tanto, consistente con los principios constructivistas puesto que el alumno tiene la oportunidad de descubrir los conocimientos a través de su propia exploración.

Las aproximaciones de hipermedia e hipertexto se han combinado con frecuencia con técnicas de adaptación que personalizan la información en función de determinadas características del usuario: son los sistemas de hipermedia adaptativo [Brusilovsky, 1996; Brusilovsky, 2001]. Algunos ejemplos son: *EML-ART* [Weber, 2001], *AHM* [Pilar da Silva, 1998], *AHLA!* [De Bra, 1998], *InterBook* [Brusilovsky, 1998], *KBS-Hyperbook* [Henze, 1998], *MetaLinks* [Murray, 2003] e *INSPIRE* [Papanikolaou, 2003].

#### 4.2. Simuladores

Los simuladores son herramientas que, como su nombre indica, simulan un entorno y un contexto de trabajo donde el alumno puede aprender a realizar una tarea en una situación que se asemeja a la realidad sin que entrañe ningún riesgo para su persona ni para el material utilizado.



Muchos simuladores emplean técnicas similares a las de los ITS (es muy frecuente que estos sistemas proporcionen retroalimentación y ayuda frente a fallos y errores de concepto) pero con un enfoque constructivista en el que el alumno debe resolver un problema en un escenario que simula la realidad. Este tipo de herramientas se suelen emplear en contextos donde, o bien es difícil y caro encontrar expertos para dar formación sobre la materia, o bien las prácticas con el material real no son una opción asumible (por ejemplo, porque es demasiado caro o porque entraña riesgos importantes de seguridad).

Existen innumerables herramientas que utilizan esta aproximación aplicadas a un gran número de dominios, entre ellos: simuladores militares (estrategia, combate o lo que se conoce como “juegos de guerra”), simuladores para la conducción de vehículos pesados (camiones, manejo de grúas, trenes), ciencias de la salud y medicina, simuladores de vuelo, simuladores de construcción e ingeniería, simuladores para evitar riesgos laborales, simuladores de comportamiento de derivados financieros, simuladores para físicas y matemáticas y un largo etcétera. En particular son pioneros en su uso campos como la medicina, las aplicaciones militares y las escuelas de negocios.

Los trabajos [Aldrich, 2004; Aldrich, 2005; Mitchell, 2004] contienen excelentes revisiones sobre simuladores con amplias colecciones de referencias sobre sistemas de este tipo.

### 4.3. Videojuegos educativos

El aprendizaje a través de videojuegos es un tema que tiene un protagonismo creciente en el área del aprendizaje online. En la Universidad Complutense varios grupos de investigación de la Facultad de Informática trabajan en el tema, el grupo GAIA<sup>15</sup> y el grupo de *e-learning* <e-ucm><sup>16</sup>, lo que constituye una pequeña muestra del enorme número de proyectos que están proliferando a nivel mundial [Horizon, 2007]. También existen gran cantidad de iniciativas de inversión privada, así como libros, artículos publicados y conferencias internacionales (consultar Corti, 2006 como referencia sobre este tema).

Pese al relativamente reciente boom del aprendizaje basado en videojuegos, la idea de aprender jugando no es nueva. Se lleva empleando en educación (especialmente en educación infantil) varias décadas. Algunas de las características pedagógicas de los videojuegos son:

---

<sup>15</sup> <http://gaia.fdi.ucm.es/index.html>

<sup>16</sup> <http://www.e-ucm.es/>

- Un juego consiste muchas veces en resolver problemas activamente, problemas que, además, se desarrollan en entornos *realistas* que permiten al jugador explorar el espacio del problema, sus límites y sus opciones.
- Las reglas son claras y están perfectamente definidas (del tipo “si pisas una mina estalla por los aires”, “si te alcanzan los proyectiles mueres”) en base a unos objetivos también claramente definidos (del tipo “salvar a la princesa del mono malvado”, “aniquilar a los monstruos”), por lo que el retroalimentación sobre el resultado de las acciones (o falta de acciones) del jugador es inmediato y se expresa en términos nada ambiguos (“mueres”, “pierdes tu dinero”). Esto es especialmente importante puesto que el jugador es consciente de que un objetivo concreto se obtiene como resultado de una acción directa o un conjunto de acciones (plan), lo cual permite explorar diferentes aproximaciones a un mismo problema.
- Sitúan al aprendiz en posición de tomar decisiones. Los jugadores analizan grandes cantidades de información de fuentes diversas lo cual requiere formas de conocimiento que van más allá de memorizar texto.



Gran Turismo



Racing Academy

**Figura 2. 3.** Comparación de las interfaces gráficas de las versiones comercial y educativa del mismo juego.

Independientemente de sus valores pedagógicos hay una característica que hace a los videojuegos extremadamente atractivos para la educación: logran mantener la atención del jugador, quien se abstrae en la dinámica del juego y siente el impulso de seguir jugando.

Esto ha llevado a la comunidad educativa a tratar de resolver la siguiente cuestión esencial: ¿Es posible mantener estas características cuando el juego tiene un fin educativo y no lúdico? De hecho, una de las principales críticas de las estrategias del aprendizaje a través de juegos es que los juegos diseñados para este fin son aburridos, con lo que quedan automáticamente desposeídos de su cualidad más valiosa. Esta línea de investigación transcurre en paralelo a la aplicación de las llamadas teorías del *flujo* (*flow*, en inglés) al diseño de los sistemas de instrucción [Chan, 1999]. De acuerdo con esta teoría, el llamado estado de flujo es un estado mental que se alcanza cuando

el individuo disfruta con la ejecución de determinadas tareas. En estos momentos, tanto su nivel de concentración, como su eficiencia o creatividad son máximas.

Existen cuatro aproximaciones distintas en función de cómo se gestiona el balance entre juego y contenido educativo [Moreno-Ger, 2007c]:

- *Los videojuegos educativos o “edutainment”*, son juegos diseñados en base a objetivos curriculares específicos. El rango de aplicaciones varía desde los juegos de interfaces sencillas (como los ofrecidos por el programa del *Bristol Dyslexia Center's Nessy Learning Program*<sup>17</sup>), a las animaciones simples (como en *Jousting Game*<sup>18</sup>, patrocinado por el *British National Archives* o complejos juegos de rol de potente tecnología visual (como *Armoured Warrior*<sup>19</sup>), patrocinado por el *Canadian War Museum*. La principal crítica a este tipo de juegos educativos es que se trata en realidad de *brócoli con un baño de chocolate* [Bruckman, 1999], la que es probablemente una de la frases más parafraseadas cuando se trata de criticar este tipo de entornos. Los alumnos se percatan de que el objetivo no es jugar sino aprender, lo que lleva a un desencanto casi inmediato. Lo cierto es que los alumnos no suelen llegar a apasionarse con los videojuegos educativos, que, por lo general, además tienen interfaces mucho más pobres y recursos gráficos más limitados que los de sus primos hermanos, los videojuegos comerciales.
- *Los “Juegos serios” (Serious Games) o “Juegos reales”* utilizan los mismo formatos que los juegos comerciales pero su contenido es educativo. Sin embargo, de la misma forma que sucede con los “edutainment” el contenido parece inhibir la inmersión del jugador en el juego, puesto que no se le permite olvidar en ningún momento que el objetivo es educativo. Pertenecen a esta categoría *Racing Academy*, un proyecto de *Futurelab's* que está teniendo buenos resultados [Owen, 2007]. Sin embargo, su versión comercial (*Gran Turismo*) es mucho más potente desde el punto de vista y gráfico que la correspondiente versión educativa (ver Figura 2. 3).
- *Juegos comerciales off-the-shelf (COTS)* son juegos de entretenimiento creados con fines comerciales, que se utilizan con algún propósito educativo en contextos y situaciones específicas. Algunos ejemplos documentados de este tipo juegos en educación son: *Roller Coaster Tycoon*<sup>20</sup>, *The Sims*<sup>21</sup>, y *Knights of Honour*<sup>22</sup>. Estos

<sup>17</sup> <http://www.dyslexiacentre.co.uk/nessy/guests/guests.htm>

<sup>18</sup> <http://www.tudorbritain.org/joust/>

<sup>19</sup> [http://www.warmuseum.ca/cwm/armwar/enhance/home\\_frame\\_e.html](http://www.warmuseum.ca/cwm/armwar/enhance/home_frame_e.html)

<sup>20</sup> <http://www.atari.com/rollercoastertycoon/>

<sup>21</sup> <http://thesims.ca.com/>

cuatro, fueron utilizados en cuatro colegios en los que se trató de identificar hasta qué punto los objetivos educativos del currículo pudieron alinearse con los objetivos de los juegos [Sandford, 2006]. En casi todos los usos documentados de este tipo de juegos en educación, los profesores suelen demandar la reducción o eliminación completa de las características lúdicas, sin fines directamente educativos [Kirriemur, 2005].

- *Juegos comerciales revisados o “modded”*, como, por ejemplo, la modificación de *Neverwinter Nights* <sup>23</sup> realizada por el departamento de Ciencias de la Computación del *West Nottinghamshire College* o *DoomEd*, una modificación educativa del juego *Half-Life 2* <sup>24</sup>, resultado de la colaboración entre el DESQ y el *School of Education* de la Universidad de Wolverhampton. En estos casos la motivación esencial reside en el propio juego y el contenido educativo es necesario para resolver los objetivos del juego. Este tipo de aproximaciones parecen una solución bastante eficaz al compromiso entre conseguir una educación efectiva y orientada con objetivos concretos y el mantenimiento de los elementos que configuran un juego atractivo y entretenido.

## 5. Herramientas socio-constructivistas

Esta corriente pedagógica, si bien comparte un buen número de principios básicos con el constructivismo, se diferencia radicalmente de esta en la importancia que se otorga al contexto socio-cultural del alumno en el proceso y los objetivos del aprendizaje. Pertenecen a esta misma corriente las siguientes aproximaciones [Steinkuehler, 2005]:

- Teoría de la actividad [Engestrom, 1999].
- Teoría del discurso [Gee, 1999].
- El conocimiento distribuido [Hutkins, 1995].
- Teoría de la psicología ecológica [Gibson, 1986].
- La “etnometodología” [Garfinkel, 1967].
- La actividad mediatizada [Wertsch, 1998].

---

<sup>22</sup> <http://www.knightsofhonour.info/>

<sup>23</sup> <http://nwn.bioware.com/>

<sup>24</sup> <http://orange.half-life2.com/>

- El aprendizaje en situación [Lave, 1988; Lave, 1991].
- El socio-constructivismo o constructivismo situacional [Vygotsky, 1978].

A pesar de la diversidad interna, todas estas teorías comparten un mismo enfoque: los sistemas de actividad. Los sistemas de actividad engloban relaciones sociales, físicas, recursos materiales y simbólicos (como artefactos o herramientas) y cambios históricos. En el contexto de estos sistemas, el conocimiento se entiende como “un fenómeno social distribuido” del que participan estructuras sociales, no un único individuo.

Entre las aplicaciones educativas virtuales que implementan esta corriente están: los sistemas CSCL (*Computer Supported Collaborative Learning*, que aquí hemos traducido como aprendizaje virtual colaborativo, aunque literalmente sería aprendizaje colaborativo soportado por computador), los sistemas dPBL (*distributed Problem Based Learning*) y las redes sociales conocidas como “Comunidades de práctica” (*Communities of Practice*, CoP)). Por último, hemos considerado bajo esta misma categoría un grupo de aplicaciones que utilizan la realidad virtual como escenario en el que los alumnos están representados por *avatares* (personajes virtuales). A esta categoría pertenecen un amplio rango de aplicaciones que van desde los juegos en red multi-jugador (*Massive Multiplayer Online Games*, MMOG) a los entornos virtuales multi-usuario (*Multi User Virtual Environments*, que referiremos por su acrónimo MUVE).

Con respecto a las aproximaciones dPBL y CSCL, que aquí hemos tratado de manera independiente, son en muchas ocasiones implementaciones virtuales de una misma aproximación que se usa en educación presencial llamada PBL (*Problem Based Learning*). Sin embargo, existen algunos matices que nos han llevado a analizarlas por separado. Principalmente, el CSCL engloba un grupo genérico de aplicaciones que incluyen procesos colaborativos no sujetos a la estructura de interacción marcado por el PBL.

### 5.1. El aprendizaje basado en problemas (PBL)

El PBL es un aproximación pedagógica sustentado sobre las teorías constructivistas y el aprendizaje activo de Piaget [Piaget, 1970], el socio-constructivismo de Vygotsky [Vygotsky, 1978] y las teorías del aprendizaje en situación de Lave y Wenger [Lave, 1988; Wenger, 1998]. Este tipo de estrategia se ha implementado con frecuencia en entornos *e-learning* colaborativos [Miao, 2000] bajo el nombre de dPBL (*distributed Problem Based Learning*) o de CSCL (CSCL - *Computer Supported Collaborative Learning* o en ocasiones *Computer Supported Cooperative Learning*, ver apartado 5.2), si bien el término CSCL se utiliza también para denominar a cualquier entorno que incluye algún tipo de facilidad orientada a la interacción y comunicación entre los participantes del proceso, sin necesidad de que dicha interacción esté restringida por una aproximación pedagógica concreta como el PBL [Resta, 2007]. Por el hecho de tener un espectro más amplio de aplicación que las aproximaciones PBL, las herramientas CSCL se han analizado en sub apartado independiente (apartado 5.2).

El PBL se puede definir como “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición de conocimientos” [Barrows, 1996]. El esquema original del método fue desarrollado hace más de 30 años por Neufeld y Barrows [Neufeld, 1974] para la enseñanza de la medicina en la universidad de McMas-

ter en Canadá. Desde entonces ha sido modificado para adaptarse a las diferentes disciplinas en las que se ha ido adoptando, pero sus características básicas, que provienen del modelo original, se mantienen [Morales, 2004]. Por lo general se suelen mencionar las siguientes:

- *El aprendizaje está centrado en el alumno y los profesores actúan como facilitadores o guías.* Mientras que en los entornos tradicionales es el tutor el que organiza la información y suministra los contenidos de manera estructurada a los alumnos, en entornos PBL los alumnos adquieren por sí mismos los conocimientos en el transcurso del proceso de la resolución colaborativa de problemas complejos. Bajo la guía del tutor, los estudiantes deben tomar la responsabilidad de su propio aprendizaje, identificando lo que necesitan aprender para tener un mejor entendimiento y manejo del problema en el cual están trabajando y determinando dónde conseguir la información necesaria. Los profesores se convierten en meros consultores de los estudiantes, guiando, orientado y animando a los alumnos a que sean ellos mismos quienes encuentren la información relevante, a que localicen las fuentes de conocimiento, y proporcionando pistas que les conduzcan a la solución, permitiendo así que cada alumno personalice su aprendizaje en las áreas de las que tienen un conocimiento limitado y persiguiendo sus temas de interés.
- *El aprendizaje se produce en el transcurso de procesos de colaboración entre grupos pequeños de estudiantes.* En la mayoría de las implementaciones pioneras, aplicadas originalmente en escuelas de medicina, el método fue desarrollado para resolver problemas en colaboración con los miembros de un equipo. Como por ejemplo: McMaster (Canadá) donde se desarrolló el método original, Maastricht (Holanda) y New Castle (Australia).
- *Los problemas constituyen el foco de organización.* Actúan como un vehículo para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en situaciones profesionales reales, estimulando el aprendizaje. El problema representa un desafío al que los alumnos se enfrentarán en una hipotética situación profesional real y proporciona la relevancia y la motivación para el aprendizaje. Se trata de presentar un problema del mundo real o lo más cercano posible a una situación real, relacionada con aplicaciones del contexto profesional que el estudiante desempeñará en el futuro.

Como corolario a todas las características descritas, se espera que los estudiantes aprendan a partir del conocimiento del mundo real y de la acumulación de experiencia en virtud de su propio estudio e investigación. Durante este aprendizaje autodirigido, los estudiantes trabajan juntos, discuten, comparan, revisan y debaten permanentemente lo que han aprendido.

En su forma más clásica, el método PBL sigue una estructura típicamente organizada como una secuencia de 8 pasos [Barrows, 1980]:

- Paso 1. Lectura y análisis del escenario del problema. Se busca que el alumno verifique su comprensión del escenario del problema mediante la discusión del mismo dentro del equipo de trabajo.
- Paso 2. Tormenta de ideas. Todos los miembros del equipo tienen normalmente teorías o hipótesis sobre las causas del problema o ideas de cómo resolverlo.

Estas deben registrarse y aceptarse o rechazarse según se avance en la investigación.

- Paso 3. Identificación de los conceptos conocidos y los que se deben aprender. Hacer una lista de aquello que se conoce y otra con todo aquello que se desconoce y que se cree que puede ser útil para la resolución del problema.
- Paso 4. Definición de los objetivos que se pretenden alcanzar y los hitos que deben recorrerse durante la resolución del problema.
- Paso 5. Elaboración de una estrategia de investigación. Los equipos deben realizar una lista de las tareas que consideran necesarias para llegar a la solución.
- Paso 6. Obtención de información. El equipo localizará, hará acopio, organizará, analizará e interpretará la información de diversas fuentes.
- Paso 7. Aplicación del conocimiento adquirido en la resolución práctica del problema.
- Paso 8. Presentación de resultados. El equipo elaborará y presentará la solución del problema.

Además de la estructuración clásica, en las implementaciones a través de computador del método PBL, existen en la actualidad varios modelos de aplicación que difieren entre sí en los grados de libertad que se otorga a los alumnos a la hora de interactuar y coordinar el trabajo del equipo. Mientras que en [McConnell, 2002] se otorga casi total libertad a los alumnos, obviando los ocho pasos del esquema original y utilizando tres únicas fases (negociación, división del trabajo y producción), en sistemas como *STEP* [Steinkuehler, 2002] y *CROCODRILE* [Miao, 2000] la herramienta conduce a los alumnos a actividades colectivas e individuales encaminadas a cumplir estrictamente con la secuencia de los ocho pasos.

## 5.2. Aprendizaje virtual colaborativo (CSCL)

El CSCL es una disciplina de introducción relativamente reciente al dominio del *e-learning* (el término fue utilizado por vez primera en 1990 por O'Malley y Scalón [O'Malley, 1990]), que combina el aprendizaje en grupo y el uso de la tecnología para facilitar la interacción entre sus componentes. Sus características básicas se pueden resumir en los siguientes tres puntos [Kirschner, 2001], que comparten con las aproximaciones PBL:

- El aprendizaje es activo y la responsabilidad del proceso recae sobre los propios alumnos.
- El tutor ejerce el papel de facilitador o colaborador más que de suministrador de la información.
- La enseñanza y el aprendizaje son experiencias compartidas en las que los alumnos participan a través de grupos pequeños, lo que fomenta el desarrollo de habilidades de trabajo en grupo y habilidades sociales de carácter genérico.

Fuera de este consenso básico (trabajo colaborativo en un proceso facilitado por el uso de la tecnología), existe un debate en curso para discernir la diferencia conceptual entre los llamados aprendizaje colaborativo y aprendizaje cooperativo. Hay autores que consideran la colaboración como una filosofía que rige las interacciones sociales,

casi como un estilo de vida, mientras que la cooperación es considerada como un procedimiento para estructurar las formas de interacción, diseñado con el fin de cumplir un objetivo [Panitz, 1996]. Otros asocian los procesos de cooperación a dominios de aprendizaje con una fuerte estructura, y la colaboración a los dominios de conocimiento donde la estructura interna es débil o inexistente [Slavin, 1997]. También se ha asociado el concepto de cooperación a una división del trabajo en la que cada miembro del equipo es responsable de una de las partes, y la colaboración a un esfuerzo coordinado entre los participantes destinado a cumplir el objetivo conjuntamente [Roschelle, 1995]. Puesto que este tipo de discusiones exceden el ámbito de este trabajo, consideraremos ambos términos equivalentes sin entrar en más disquisiciones y nos referiremos a él como aprendizaje virtual colaborativo (CSCL).

Desde un punto de vista genérico, cualquier herramienta que dé soporte a algún tipo de comunicación e interacción entre los miembros de un grupo ya sea síncrona o asíncrona (e-mail, chats, web blogs, wikis, pizarras digitales, video y audio conferencias), podría ser clasificada como CSCL. Por este motivo, dentro de este rango se pueden catalogar herramientas de propósito genérico como los LMS (ver apartado 3.3 de este capítulo).

Sin embargo, en este estudio preferimos considerar como CSCL únicamente aquellas herramientas que han sido específicamente diseñadas con el propósito de fomentar los procesos de interacción, cuyo enfoque es el establecimiento de lazos sociales como vía para lograr los objetivos del aprendizaje. Algunos ejemplos de este tipo de herramientas son:

- *Belvedere* [Suthers, 1995] es un sistema donde el aprendizaje colaborativo se realiza a través de diagramas de discusión.
- *CoVis* [Pea, 1994], utiliza la visualización colaborativa para la realización de proyectos cooperativos en materias de ciencias en enseñanzas medias.
- *CoWeb* [Rick, 2006]. Es un sistema que utiliza hipertexto colaborativo para editar o visualizar páginas web.

Otros sistemas relevantes son: *The Collaborate Notebook* [Edelson, 1995], *Web-SMILE* [Guzdial, 1997], *CSILE* [Scardamalia, 1994], *CALE* [Mahling, 1995] y *ARGUNAUT* [De Groot, 2007].

### 5.3. Comunidades de práctica

Las comunidades de práctica (CoP, *Communities of Practice*) son una forma socio-constructivista de aprendizaje, lo que implica que muchos los principios por los que se rigen son idénticos a los ya expuestos en las anteriores aproximaciones (*learning by doing*, colaboración, seguimiento, retroalimentación, problemas en escenarios de experiencia real). Su diferencia con cualquier otro escenario es que el aprendizaje se desarrolla en una situación real que incluye un entorno social, el cual engloba tanto a los aprendices expertos como a los novatos. Hay dos aspectos clave en el proceso de aprendizaje que caracteriza a este tipo de sistemas:

- La dependencia que el aprendizaje tiene del contexto. El aprendizaje sucede a través de actividades inmersas dentro de un contexto social.



- La mayor relevancia de la relación entre el individuo y el resto de la comunidad, que de la actividad que realiza. Para que un entorno sea productivo desde el punto de vista del aprendizaje, el individuo debe poder observar como aprendiz las prácticas de la comunidad y obtener gradualmente la posibilidad de participar en dichas prácticas.

A través de su participación en una CoP, el individuo llega a comprender el mundo desde la perspectiva de la comunidad. Es decir, las claves de la interpretación semántica de los elementos son propias de la comunidad y se adquieren a través de la participación. Una comunidad posee sus propias estructuras de participación, sus valores y sus propios objetivos [Greeno, 1993], y el individuo adquiere conocimiento de ellos a través de la pertenencia a la comunidad, pasando de participante periférico [Lave, 1988] a miembro central. Este cambio afecta asimismo a la propia estructura interna de la comunidad, que se beneficia, a su vez, del conocimiento aportado por los nuevos miembros, puesto que pasa a formar parte del conocimiento común

El desarrollo de Internet y de las redes globales de comunicación ha servido como plataforma de expansión de este tipo de aprendizaje hasta hace poco restringido a la interacción presencial. Las redes globales de comunicación han extendido el ámbito de las comunidades tradicionales eliminando restricciones y facilitando un entorno de comunicación en el que rigen normas distintas. Algunas de las diferencias más destacadas entre una comunidad tradicional y las comunidades virtuales [Johnson, 2001] son:

- En las comunidades tradicionales hay un sitio físico que sirve de base a la comunidad y la pertenencia de los miembros se atiene a un conjunto de normas preestablecidas. Las comunidades virtuales no necesitan límites formales, que pueden ser más flexibles y fluidos que los de las comunidades tradicionales: puesto que los miembros no interaccionan presencialmente, y no tiene por qué verse, las normas no son tan estrictas y el control de cada individuo sobre la actividad es mayor.
- En una comunidad física hay una distinción clara y normada de quién es miembro y quién no lo es, mientras que las comunidades virtuales existen y se establecen en torno a una actividad concreta y se forman cuando surge la necesidad [Squire, 2000].

Algunos ejemplos de tecnología que pueden catalogarse CoP orientadas al aprendizaje son:

- *TAPPED-IN* [Schlager, 1997]. Ofrece habitaciones virtuales para que diferentes comunidades se comuniquen de manera síncrona.
- *The Math Forum* [Renninger, 2002]. Es una biblioteca digital interactiva en la que información se estructura a través de discusiones.
- *STEP Knowledge Web* [Derry, 2004]. Es un entorno diseñado para miembros de la comunidad educativa involucrados en el diseño de cursos, con el objetivo de formar a los profesores en esta práctica. El sistema utiliza los casos desarrollados por los miembros de la comunidad como base de datos de conocimientos y proporciona herramientas de comunicación asíncrona (foros).
- *TechNet* [Koku, 2004] es una red social que abarca distintas comunidades universitarias de EEUU.

- *SLeD* [SLeD, 2008]. Es una comunidad de educadores desarrollada en torno a las aplicaciones educativas del entorno *Second Life* <sup>25</sup>.

Existen también herramientas inicialmente concebidas con objetivos diferentes al aprendizaje que actualmente se utilizan en ocasiones con fines educativos. Un ejemplo es *Facebook* <sup>26</sup>, una red social diseñada originalmente para el intercambio de experiencias y comunicación entre universitarios a través de listas de amigos, redes, listas y grupos. En la actualidad es un sistema abierto a cualquier persona (no está restringido al ámbito universitario). Como herramienta para el aprendizaje colaborativo proporciona la infraestructura para establecer la comunicación y la interacción social. También es relativamente común el fenómeno del desarrollo de comunidades en torno a videojuegos, en principio, concebidos con fines lúdicos que han acabado desembocando en comunidades de aprendizaje no estructurado. Un ejemplo es la comunidad *Apolyton* <sup>27</sup> en torno al juego *Civilization* <sup>28</sup>. Si bien este fenómeno sucede en cualquier tipo de juego, es más común en los juegos de rol multi-jugador en red (ver apartado 5.4)

#### 5.4. Los juegos multi-jugador en red

Los juegos masivos multi-jugador en red son un tipo de videojuegos en red, en los que cada jugador está representado virtualmente por un personaje (a esta representación se le denomina *avatar*), que interacciona no sólo con elementos del entorno, sino también con los avatares de otros jugadores, que, a su vez, también influyen sobre el entorno. Hoy en día son comunes en el mundo del videojuego para el entretenimiento las siguientes terminologías: MMOG (*Massive Multi-player Online Games*), MMOPW (*Massive Multiplayer Online Persistent World*) o MMORPG (*Massive Multiplayer Online Role-Playing Game*) [Kent, 2003].

Estos juegos pretenden crear un mundo virtual persistente, con una estructura libre y abierta, donde los jugadores poseen un número bastante amplio de grados de libertad para interactuar con el mundo virtual e intervenir en el desarrollo de la aventura. Una de sus características es precisamente que su narrativa que no está cerrada, sino que se alimenta de la interacción de los personajes con el entorno. Algunos de

---

<sup>25</sup> <http://secondlife.com/>

<sup>26</sup> <http://es.facebook.com/>

<sup>27</sup> <http://apolyton.net>

<sup>28</sup> <http://www.civilization.com>

los ejemplos más conocidos son *Everquest* <sup>29</sup>, *Guild Wars* <sup>30</sup>, *Lineage 2* <sup>31</sup> y *World of Warcraft* <sup>32</sup>.

Sin duda, los MMOG se están convirtiendo en una de las formas más populares de entretenimiento de gente de todo tipo, independientemente de su etnia, sexo, edad, nivel cultural o clase económico social. La mayor parte de los jugadores habituales coinciden en resaltar cierta componente adictiva que les hace invertir un gran número de horas en conseguir dominar el entorno de juego para alcanzar niveles expertos [Jewels, 2002].

Por lo general se trata de aplicaciones concebidas para el entretenimiento no específicamente educativas, al menos desde un punto de vista formal. Sin embargo, comienzan a aparecer estudios que avalan la eficiencia de su utilización con propósitos educativos en determinados contextos [Steinkuehler, 2005; Nardi, 2006; Nardi, 2008; Carr, 2008].

Desde un punto de vista pedagógico los MMOGs pueden ser un camino para poner en práctica en el campo de la educación on-line la máxima “*el conocimiento es la práctica de la interacción social y material con el mundo*” de las corrientes pedagógicas constructivo-sociales.

Todas las ventajas pedagógicas mencionadas en el apartado 4.3 para videojuegos en general son aplicables también a los MMOGs y además:

- Los juegos multi-jugador permiten la exploración de las relaciones interpersonales, estimulando los comportamientos de cooperación, colaboración y competitividad en un contexto estratégico. Los jugadores pueden interpretar diferentes roles en un entorno semejante a la realidad, interactuando con otros personajes y superando retos colaborativamente o en competición.
- Formación espontánea de comunidades de práctica. A los jugadores les gusta hablar de los juegos a los que juegan y discuten con sus amigos sus técnicas, estrategias, logros y fracasos. Esto hace que los videojuegos trasciendan ampliamente su medio y generen comunidades a su alrededor, las cuales se han convertido en un ejemplo perfecto de las comunidades de práctica: no hay instructores ni aprendices y los usuarios comparten sus conocimientos de igual a igual, los miembros más expertos ayudan a los más nuevos respondiendo a sus preguntas y creando repositorios de conocimiento [Moreno-Ger, 2007c]. La

---

<sup>29</sup> <http://www.everquest.station.sony.com>

<sup>30</sup> <http://www.lineage.com>

<sup>31</sup> <http://www.guildwards.com>

<sup>32</sup> <http://www.worldofwarcraft.com>

dimensión social de los MMOG fomenta la proliferación de este tipo de comunidades online.

### **5.5. Aprendizaje en entornos virtuales multi-usuario (MUEs)**

En los últimos años de la década de los 70, Richard Bartle y Roy Trubshaw de la Universidad de Essex desarrollaron el primer entorno MUD (Multi-User Dungeon) para facilitar la ejecución de juegos de rol multi-jugador en una red de ordenadores [Bartle, 1999]. Los avances producidos en los últimos años en la potencia de los ordenadores y en la velocidad de conexión a Internet, han conducido la evolución de los entornos MUD, derivando en una considerable diversidad de interfaces de usuario, tales como los MOOs (entornos MUD orientados a objetos), los MUEs (Multi-User Virtual Environments), y los MMORPGs (Massively-Multiplayer Online Role Playing Games), entre otros.

Los mundos virtuales multi-jugador (MUEs) llevan años utilizándose como soporte para desarrollar juegos, y sólo de manera muy reciente se han empezado a aplicar al dominio de la educación. Uno de los motivos de su incorporación como herramienta educativa es su poder para crear una atmósfera envolvente que contribuya al desarrollo de comunidades virtuales, en las que se manifiestan sentimientos de amor, odio, amistad y traición de la misma forma que sucede en las comunidades tradicionales [Rheingold, 1993]. Algunos de los usos para los que se han empleado los MUEs en aplicaciones educativas son:

- Crear comunidades online como herramienta de formación para el profesorado [Bull, 2004; Schlager, 1997].
- Potenciar el atractivo de actividades científico técnicas al mismo tiempo que se fomenta una mayor responsabilidad social [Kafai, 2006].
- Fomentar el desarrollo social y moral a través del enriquecimiento cultural [Barab, 2006].
- Crear un entorno de programación colaborativo [Bruckman, 1997].
- Explorar de manera creativa nuevos conceptos matemáticos [Elliott, 2005].
- Hacer más atractivo el proceso de creación científica [Clarke, 2006; Ketelhut, in press].
- Dar soporte al aprendizaje distribuido en un entorno de inmersión para diferentes materias de aprendizaje a través de la creación de un contexto psicológico social [Dieterle, in press].

MUVE	Institución	Objetivos de aprendizaje y dominio de aplicación	Funcionalidad	URL
AppEdTech	Appalachian State University	Cursos de educación a distancia y servicios para estudiantes graduados	Colaboración a distancia. Los alumnos controlan los avatares, interactúan con otros alumnos, con instructores y artefactos como recursos educativos	<a href="http://www.lesn.appstate.edu/aet/aet.htm">http://www.lesn.appstate.edu/aet/aet.htm</a>
Aqua-MOOSE 3D	Georgia Institute of Technology	Visualización y experimentación sobre ecuaciones paramétricas	Interfaz gráfica que ofrece visualización en tiempo real de experimentación sobre ecuaciones paramétricas	<a href="http://www.cc.gatech.edu/elc/aquamoose">http://www.cc.gatech.edu/elc/aquamoose</a>
Moose Crossing	Georgia Institute of Technology	Visualización y experimentación sobre ecuaciones	Es un MUVE de interfaz textual diseñado para niños entre 9 y 12 años. A través de la interfaz los usuarios pueden crear objetos virtuales, espacios, y personajes mientras interactúan con otros participantes	<a href="http://www.cc.gatech.edu/elc/moose-crossing">http://www.cc.gatech.edu/elc/moose-crossing</a>
Atlantis Quest	Indiana University	Desarrollo de habilidades sociales y morales	MUVE de interfaz gráfica para la realización de tareas en entornos formales e informales de aprendizaje	<a href="http://atlantis.crtl.indiana.edu">http://atlantis.crtl.indiana.edu</a>
Revolution	Massachusetts Institute of Technology	Aprendizaje de historia	Los alumnos participan en una comunidad virtual ambientada en la la Revolución Americana para el aprendizaje de la historia de este periodo	<a href="http://educationarcade.org/revolution">http://educationarcade.org/revolution</a>
River City	Harvard University	Aprendizaje de el procedimiento científico y desarrollo de destrezas sociales	Los alumnos viajan al siglo XIX a la ciudad de River City donde tienen que resolver problemas con conocimientos del siglo XXI	<a href="http://muve.gse.harvard.edu/rivercityproject">http://muve.gse.harvard.edu/rivercityproject</a>

**Tabla 2.2.** MUVEs con propósito educativo.

La Tabla 2. 2 incluye algunos de los proyectos relacionados con mundos virtuales que se están desarrollando en la actualidad en diferentes instituciones. Además de las aplicaciones diseñadas explícitamente para propósitos educativos, en los últimos tiempos están proliferando una serie de aplicaciones MUVE de propósito genérico,

que están siendo adoptadas como herramientas educativas por un buen número de instituciones públicas y privadas. Entre ellos: *Second Life*<sup>33</sup>, *There.com*<sup>34</sup> o *IMVU*<sup>35</sup>. En particular alrededor de 400 universidades y 4.500 educadores participan en *Second Life Educators List* (SLED)<sup>36</sup>, un proyecto que toma como base el entorno *Second Life* para realizar proyectos educativos. También es importante mencionar *Sloodle*<sup>37</sup>, un proyecto open source cuyo objetivo es conectar el LMS *Moodle* (ver apartado 3.3 de este capítulo) con *Second Life* para proporcionar un entorno de interacción virtual 3D.

## 6. A modo de conclusión. Revisión crítica del contexto

La evolución de las herramientas *e-learning* no sólo ha estado históricamente ligada a las posibilidades que ofrecen los nuevos avances tecnológicos, sino también a la influencia de las teorías psico-pedagógicas y a los cambios en el contexto social. Así, en pocos años, se ha pasado de utilizar herramientas basadas en principios objetivistas con interfaces textuales poco llamativas, a herramientas fuertemente influidas por los paradigmas constructivista y socio-constructivista, en las que las interacciones suceden en tiempo real, con entornos visuales muy potentes y gráficos elaborados.

La Figura 2. 4 muestra una clasificación de distintas herramientas *e-learning* en función de la corriente pedagógica cuyos principios aplican mayoritariamente.

Sin embargo, a pesar del relativo desprestigio que las herramientas basadas en principios objetivistas tienen hoy en día, continúan utilizándose en multitud de contextos en los que siguen demostrando su eficacia. De hecho, los principios básicos que rigen el objetivismo siguen utilizándose en un gran número de entornos educativos tradicionales (tanto para escenarios presenciales como virtuales).

Esto es debido, desde nuestro punto de vista, a que la efectividad de una u otra estrategia depende de los objetivos del aprendizaje perseguidos y del sector de población al que se dirige. Es posible que una aplicación objetivista sea la más adecuada si se quiere que un grupo de alumnos de edad madura en un contexto de formación profesional, memoricen o tomen conocimiento de una serie de conceptos de manera

---

<sup>33</sup> <http://secondlifegrid.net/programs>

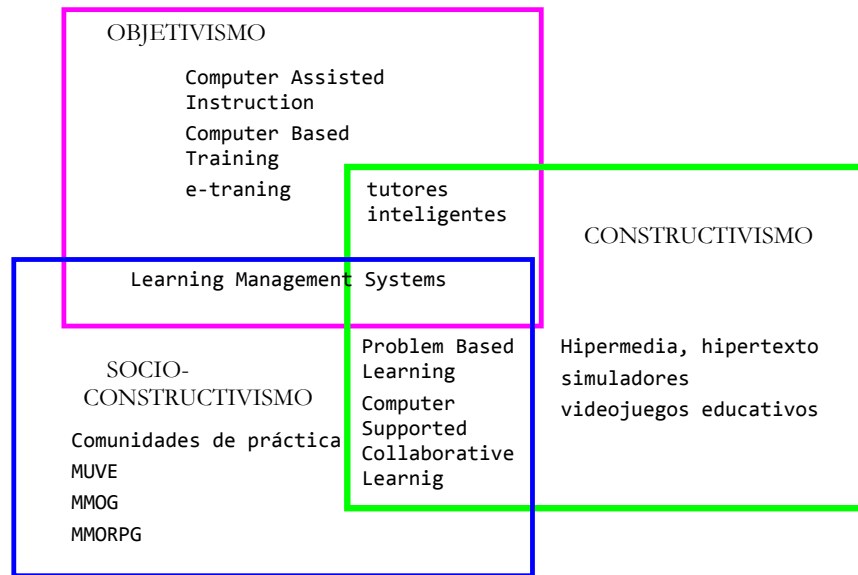
<sup>34</sup> <http://www.there.com/>

<sup>35</sup> <http://www.imvu.com>

<sup>36</sup> <https://lists.secondlife.com/cgi-bin/mailman/listinfo/educators>

<sup>37</sup> <http://www.sloodle.org/>

rápida. De hecho, es posible incluso que éste mismo sector de población considere una pérdida de tiempo una estrategia basada en juegos. Sin embargo, un juego podría obtener muy buenos resultados si lo que se pretende es enseñar a niños pequeños una lengua extranjera.



**Figura 2. 4.** Clasificación de herramientas e-learning en función de la corriente pedagógica a la que se circunscriben.

A pesar de todo, la evolución en el diseño de las aplicaciones educativas ha sufrido una especie de convulsión en la última década [Horizon, 2007]. Desde nuestro punto de vista, este fenómeno está originado por dos hechos clave:

- En primer lugar, el propio concepto del aprendizaje está cambiando. En estos momentos, se requiere una formación mucho más completa, en la que la adquisición de conocimientos técnicos es sólo una parte de lo que se demanda. Se empieza a considerar importante el conseguir que los alumnos desarrollen habilidades de comunicación y trabajo en grupo como parte de su formación.
- En segundo lugar, estamos asistiendo a un cambio sociológico cuya consecuencia más alarmante es una caída de la efectividad de los métodos tradicionales, marcada por una acusada ausencia de motivación en los alumnos, un incremento de las tasas de abandono y un creciente desinterés por el proceso educativo en general. Algunas investigaciones [Papert, 1994; Prensky, 2001; Gee, 2003; Oblinger, 2003] achacan este cambio de actitud del alumnado a los efectos que habría provocado en ellos el uso temprano de dispositivos tecnológicos. Acostumbrados a dedicar gran parte de su tiempo de ocio a jugar a videojuegos, navegar por Internet, chatear con camaradas mediante herramientas de mensajería instantánea y utilizar los móviles a todas horas, los jóvenes encontrarían demasiado planos los formatos de los contenidos de aprendizaje tradicionales (con frecuencia fuertemente textuales). El denominador común de estos trabajos es la consideración de que los formatos en los que se presenta los contenidos de

aprendizaje no resultan atractivos a las nuevas generaciones (llamados *nativos digitales* o *generación del milenio*).

Ambos fenómenos han derivado en un intento de aproximar las herramientas de aprendizaje a los nuevos objetivos y a las peculiaridades del sector de población al que están dirigidas [Cordova, 1996; Martens, 2004].

Un ejemplo claro es la reciente proliferación de videojuegos educativos. Estos presentan un conjunto muy interesante de características con valores aprovechables desde el punto de vista pedagógico. Entre ellas cabe destacar: la inmersión en el mundo del juego, el hecho de que la experiencia sea dirigida por los propios jugadores, la posibilidad de proporcionar un entorno seguro para la experimentación donde se fomenta la experiencia prueba-error y la utilización de la competición y la colaboración como alicientes para la motivación [Ebner, 2007; Ju, 1997; Clinton, 2004; Freitas, 2006a]. Más aún los juegos multi-jugador, otra de las apuestas de reciente incorporación a las herramientas educativas on-line, motivan al alumno a través de los vínculos sociales que se establecen y la proyección del alumno a través de roles diferentes [Sellers, 2002]. Esto convierte a este tipo de juegos en un medio natural para el soporte de las comunidades de práctica [Galarneau, 2005].

Sin embargo, a pesar de sus indudables valores educativos (relacionados en el apartado 4.3 del presente capítulo), en nuestra opinión es un error considerar que los videojuegos son una suerte de nueva panacea educativa. Ni son adecuados para todos los aprendices, ni se pueden aplicar a todas las situaciones:

- Dependencia del sector de población. Son muchos los adultos que consideran los juegos como una frivolidad. Por lo general, toda su formación se ha realizado en base métodos educativos clásicos, por lo que el tiempo invertido en tratar de que aprendan a jugar es desproporcionado como para considerarlo una buena estrategia.
- Dependencia del dominio de conocimiento. Hay situaciones en las que innegablemente el formato objetivo de clasificación de los contenidos es mucho más eficiente. Por ejemplo, si se pretende obtener una información puntual relativa a un tema en concreto o si se trata de enseñar disciplinas con una fuerte carga teórica. Los juegos pueden ser un buen mecanismo para experimentar, pero resultan muy poco prácticos para exponer contenidos.
- Dependencia de los objetivos del aprendizaje. En ocasiones puede ser que memorizar conceptos o adquirir una destreza concreta sea el objetivo del aprendizaje. En otros casos, puede considerarse como incompleta una formación en la que únicamente se adquieran conocimientos técnicos, y se demande la adquisición de otro tipo de habilidades, por ejemplo, *soft skills*.
- Dificultad para conseguir objetivos educativos concretos. Estudios recientes demuestran que la distancia entre los objetivos educativos alcanzados mediante el aprendizaje conducido por videojuegos y los que se contemplan en el currículo de las disciplinas para los que se emplean, están bastante alejados [Sandford, 2006; Squire, 2005b; Condi, 2007]. Como resultado, los esfuerzos realizados por parte de los profesores y la industria del juego para integrar el aprendizaje basado en videojuegos en las universidades o colegios, no alcanzan las expectativas deseadas a pesar de la buena voluntad de aproximación por ambas partes. En la esencia de este fracaso está una dificultad aparentemente irreconciliable: desde



el punto de vista del alumno, el contenido educativo implica una disminución de la diversión, mientras que los profesores piensan con frecuencia que los videojuegos son demasiado largos, demasiado absorbentes y focalizan sobre objetivos educativos equivocados (el afán de ganar en lugar del de adquirir conocimientos).

En conclusión, un sistema de enseñanza basado en videojuegos puede ser adecuado para cierto tipo de alumnos en determinadas situaciones pero, bajo nuestro punto de vista, podría resultar excesivamente restrictivo si no se ofrecen otras posibilidades como alternativa pedagógica.

Algo similar sucede con el creciente fenómeno de las comunidades de práctica y las redes sociales. A pesar de poseer un valor indudable en determinados entornos de formación, pensamos que la colaboración libre y espontánea que se establece en estos grupos es de difícil aplicabilidad en un entorno de enseñanza virtual destinado al aprendizaje de una disciplina universitaria. Encontramos tres impedimentos importantes:

- Los aprendices adquieren conocimientos a través de la colaboración con los miembros más experimentados de la comunidad, lo que no es factible en un curso universitario en el que se presupone un nivel conocimiento similar de la materia para todos los alumnos.
- Este tipo de comunidades por lo general no están afiliadas a ninguna organización concreta y rebasan las jerarquías y las estructuras institucionales, lo cual tampoco resulta aplicable a los alumnos matriculados en un curso universitario. La diferencia fundamental entre una comunidad de práctica y cualquier otro tipo de escenario de aprendizaje colaborativo es que, en estas comunidades, el estatus de miembro no se adquiere de manera oficial, sino a través de la participación (sistemas meritocráticos).
- No es evidente que la libre colaboración desemboque en la adquisición del tipo conocimiento sistemático que requieren muchas disciplinas universitarias, puesto que en estas el dominio conocimiento está por lo general constreñido por programas estrictos y periodos temporales fijos (por lo general, a un curso académico o un cuatrimestre). Numerosos estudios avalan la tesis de que cuando se da total libertad de interacción a los alumnos, rara vez se involucran en actividades significativas desde el punto de vista pedagógico, como plantearse cuestiones, explicar o justificar sus opiniones, articular sus razonamientos o reflexionar sobre los conocimientos [Dillenburg, 2002; Kobbe, 2005].

Por otro lado, la gran mayoría de herramientas desarrolladas para sustentar estos dos tipos de aproximaciones (aprendizaje basado en juegos y CoPs), pueden ser los más efectivos para un contexto de aplicación y una situación concretos. Pero, desde luego, aun si esto fuera cierto, no cubren el rango de funcionalidades para gestionar un proceso integral de enseñanza, de la manera que lo hacen los LMS.

La pregunta que nos hacemos es: para conseguir nuestros objetivos ¿Merece la pena, usando como base un LMS, enriquecer los mecanismos de interacción y los formatos de presentación de contenidos?

## Capítulo 3.

### Un marco de referencia para el diseño de soluciones *e-learning* integrables en un sistema de gestión del aprendizaje

Partiendo de la discusión del capítulo anterior, en este capítulo se describe un marco de referencia conceptual destinado a desarrollar soluciones *e-learning* aplicables a un contexto social y a una situación de aprendizaje concretas, de manera que puedan ser integradas en un sistema de aprendizaje centralizado a través de un LMS (*Learning Management System*). Dado no existe un modelo de enseñanza que se ajuste perfectamente a todas las situaciones y a todos los sectores de población, la idea es poder desarrollar soluciones específicas bajo un marco común. Por un lado, esto constituye una ventaja desde el punto de vista de reducción de los costes de desarrollo, puesto que muchas herramientas, contenidos y procesos son comunes y pueden reutilizarse. Por otro lado, una gestión centralizada de los recursos a través del LMS también beneficia a las aplicaciones específicas, puesto que permite su integración en procesos educativos a largo plazo, en lugar de estar restringidas a una situación concreta.

#### 1. Introducción

En los capítulos anteriores, hemos visto que las estrategias empleadas tradicionalmente en educación no parecen no resultar demasiado atractivas para la *generación digital* [Prensky, 2001c], derivando en alarmantes en tasas de abandono y un descenso generalizado de la motivación. Por otro lado, este tipo de estrategias son insuficientes cuando se trata de desarrollar en los alumnos una serie de capacidades cada vez más demandadas en el mundo profesional, tales como: la capacidad para resolver problemas complejos en situaciones de trabajo reales, el desarrollo de destrezas sociales o habilidades para el trabajo en grupo [Lehtinen, 2002].

Estos factores, han llevado a la comunidad educativa a adoptar cada vez con mayor frecuencia diversas estrategias innovadoras en cuanto a formatos, contenidos y metodología como, por ejemplo, los videojuegos educativos, los MUVes o las comunidades de práctica. En nuestra opinión, si bien este tipo de aproximaciones podrían funcionar razonablemente bien para situaciones concretas, no dejan por ello de ser aproximaciones altamente específicas. Al fin y al cabo, ni son adecuadas para todo el mundo (hay alumnos para las que son altamente contraproducentes), ni resultan eficientes para según qué objetivos de aprendizaje (por ejemplo, revisión de contenidos o búsquedas puntuales de información), ni son aplicables a todos los dominios de

conocimiento o asignaturas (suelen resultar poco eficientes en asignaturas con fuerte carga teórica).

Además, salvo contadas excepciones [Kemp, 2006; González, 2007; Moreno-Ger, 2007b], este tipo de soluciones se han desarrollado de espaldas a los LMS, herramientas que tienen gran nivel de aceptación y están implantadas como plataformas de educación virtual y gestión integral del aprendizaje en la mayoría de las instituciones educativas. Desde nuestro punto de vista, esto es un error. En primer lugar, porque es conveniente amortizar las elevadas inversiones realizadas hasta la fecha y aprovechar los avances realizados en materia de estandarización en numerosos aspectos (contenidos, entornos de ejecución, secuenciación, diseño de las estrategias de aprendizaje, gestión de perfiles, exámenes, etc.). Y, por otro lado, porque un LMS es una aplicación de amplio espectro que se encarga de gestionar globalmente el proceso íntegro del aprendizaje (en muchos aspectos inalcanzables para aplicaciones tan específicas como, por ejemplo, los videojuegos). Además, estos sistemas permiten la implementación de una gran variedad de aproximaciones pedagógicas.

En este capítulo proponemos un marco conceptual como base para el diseño de sistemas de aprendizaje. Nuestro marco está destinado a identificar los principales componentes e interfaces que permitan el desarrollo de soluciones *e-learning* específicas (considerando el contexto social, el dominio del aprendizaje y sus objetivos), y permitir, al mismo tiempo, su integración en un sistema global de gestión del aprendizaje (i.e. LMS).

Nuestra propuesta se sustenta sobre la idea de que cualquier aplicación de aprendizaje será más o menos efectiva a la hora de conseguir unos objetivos determinados en función de su contexto de aplicación. Por ello, pensamos que es importante mantener la coherencia global a través de un sistema integral que permita la gestión de distintas estrategias, proporcione una persistencia de los datos y una gestión centralizada de los servicios.

La estructura del presente capítulo es la siguiente: en primer lugar, en el apartado 2 ofrecemos una visión genérica global del marco conceptual junto con una breve introducción a cada uno de sus componentes. A continuación, en los apartados siguientes detallamos las componentes incluidas en el modelo, ofreciendo, en los casos que así lo requieren, un estudio de diferentes posibilidades de implementación tecnológica.

## 2. Estructura del marco conceptual: Componentes

El marco conceptual que proponemos está destinado a servir de referencia para el diseño de aplicaciones *e-learning* en base a una serie de requisitos (a los que hemos denominado *requisitos situacionales*) de tal manera que pueda ser acoplada en un sistema LMS.

Hemos identificado cuatro requisitos situacionales clave a tener en cuenta a la hora de diseñar una solución específica *e-learning*:

- Los objetivos del aprendizaje.
- Las características del sector de población a quien está dirigido el aprendizaje (universitarios, adultos, niños...).

- Las características del entorno (aprendizaje individual, aprendizaje en grupo, aprendizaje presencial, aprendizaje a distancia).
- El dominio de conocimiento al que se aplica.

El marco se estructura, en su nivel más alto de abstracción, en las cinco componentes siguientes: la corriente pedagógica subyacente y la aproximación al aprendizaje, la estrategia de aprendizaje, la adaptación, la interfaz de usuario y la interfaz de integración con el LMS.

1. *La corriente pedagógica subyacente y la aproximación del aprendizaje.* Esta es la componente básica del diseño del sistema, y su elección condiciona el resto de las componentes incluidas en el modelo. Esencialmente, lo que se determina con la elección de una corriente pedagógica tiene que ver con la concepción misma del aprendizaje o, si se quiere, con su naturaleza. Qué significa aprender y cómo se consigue en forma de una serie de principios genéricos. Por tanto, a la hora de elegir una determinada corriente pedagógica, hay que considerar cuáles son los objetivos genéricos del aprendizaje. Esto se traduce, desde un punto de vista práctico, en cuáles son las capacidades que se quiere ayudar a desarrollar en el alumno. Por otro lado, dentro de una determinada corriente pedagógica existen distintas *aproximaciones* o metodologías para llegar a los objetivos perseguidos (ver Capítulo 2). Por ejemplo, el aprendizaje basado en juegos o el aprendizaje basado en problemas son aproximaciones constructivistas. Una aproximación será más o menos efectiva dependiendo de quién sea el destinatario del aprendizaje (sector de población a quien está dirigida) y del dominio de conocimiento que se quiere enseñar.
2. *La estrategia de aprendizaje.* Esta componente está íntimamente ligada a la anterior. Se trata de determinar de manera concreta en qué consiste exactamente el proceso de aprendizaje. Una vez elegidas la corriente pedagógica y la aproximación al aprendizaje, es necesario definir todos los elementos concretos que lo componen (tareas, actividades, evaluaciones), en qué entornos o escenarios se van a ejecutar, quién va a participar y con qué funciones, cuál va a ser la secuencia de sucesos que acontecen en el transcurso del proceso, con qué medios, etc. La definición de una estrategia, además de estar condicionada por la corriente pedagógica subyacente, se ve afectada por la *adaptación*, la componente descrita a continuación, puesto que en algunos casos afectará a la definición de todos o parte de los elementos que la constituyen.
3. *La adaptación.* El concepto de adaptación se introduce en la historia de la pedagogía a partir del cognitivismo, que pasa a considerar que cada individuo es único frente al aprendizaje. Esto supone, necesariamente, que el aprendizaje es más eficaz si está adaptado a determinadas características individuales. El término adaptación, en procesos de aprendizaje virtual, es un término que hace referencia a la capacidad de un sistema para personalizar determinados aspectos del aprendizaje en función de una serie de características del alumno (conocimientos previos, preferencias, restricciones, personalidad, estilos de aprendizaje, etc.) y en base a unas reglas predefinidas [Brusilovsky, 1999]. La corriente pedagógica influye sobre la existencia de la componente de adaptación y la estrategia de aprendizaje determina qué se debe adaptar, de qué manera deben realizarse las adaptaciones y en base a qué información o criterios se realizan. Por otro lado, el propio proceso de adaptación influye a su vez sobre la estrategia, determi-

nando qué aspectos concretos se deben modificar, lo que convierte a estas dos componentes en interdependientes.

4. *La interfaz de usuario*. Esta componente contiene el conjunto de aplicaciones y dispositivos cuya función es establecer la comunicación del sistema con el alumno (tanto *hardware* como *software*, aunque en este trabajo sólo consideramos los elementos *software*). Por decirlo de alguna manera, la interfaz equivale a la puesta en escena de la estrategia de aprendizaje. Es, por tanto, un punto clave a la hora de captar la atención y el interés de los alumnos.

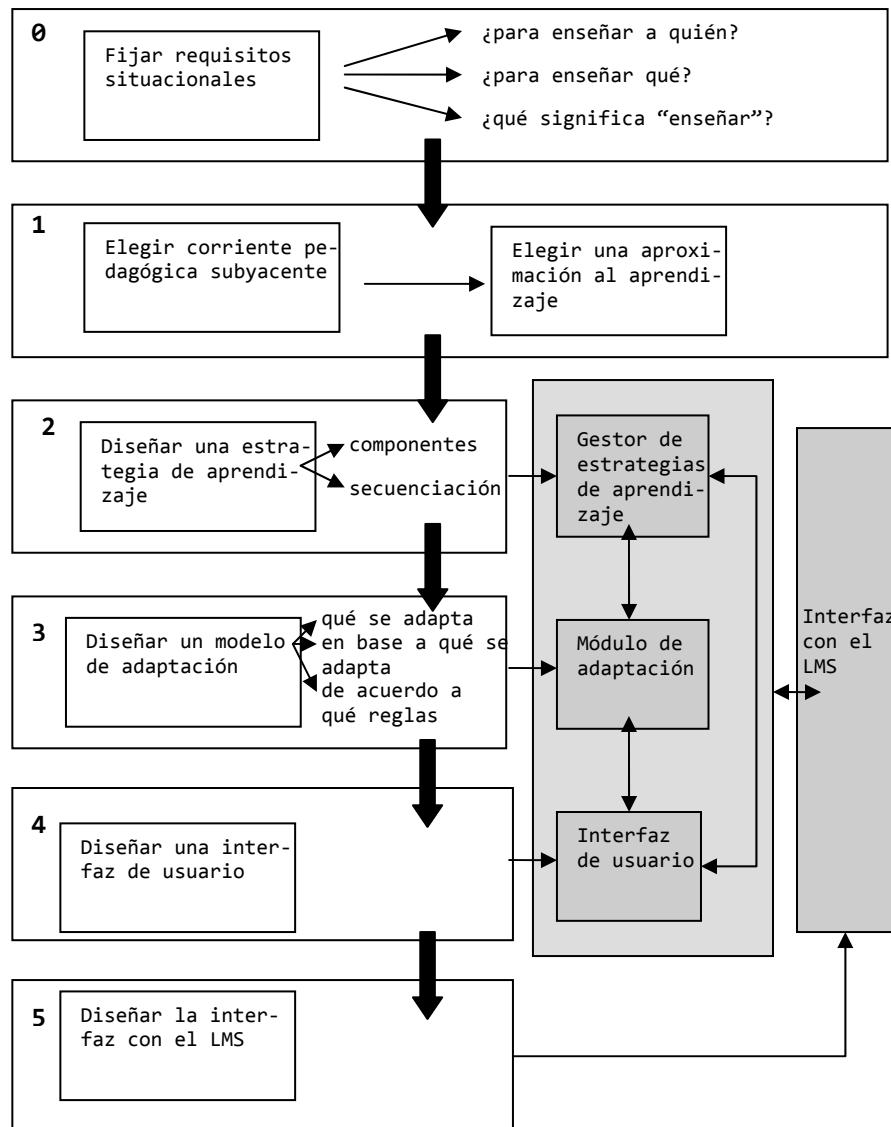
A partir de estas cuatro componentes, se definirían las componentes esenciales de una aplicación diseñada específicamente para cumplir con el conjunto de requisitos situacionales. Nuestro marco incorpora además una quinta componente:

5. *La interfaz con el LMS*. Esta componente es específica de nuestra propuesta y tiene como función actuar como mecanismo de intercambio de información entre la aplicación y el LMS, que gestiona además todos los procesos involucrados en un contexto global de aprendizaje.

El proceso de diseño de una aplicación se divide en las etapas esquematizadas en la Figura 3. 1. El primer paso será definir los objetivos de aprendizaje, a partir de los cuales se eligen una corriente pedagógica y una aproximación al aprendizaje. Estas dos primeras etapas son decisiones que afectan únicamente al diseño del sistema. A continuación se define la estrategia concreta de aprendizaje, que deberá implementarse de alguna manera en la lógica del sistema (al servicio responsable de desarrollar funcionalidad le hemos denominado *Gestor de Estrategias de Aprendizaje*). La definición de la estrategia de aprendizaje condiciona el resto de las componentes (adaptación, interfaz de usuario e interfaz con el LMS). El siguiente paso será diseñar el proceso de adaptación e implementarlo como servicio del sistema (*Módulo de Adaptación*), seguido del diseño y la implementación de una *Interfaz de Usuario*. Por último, se diseñará la *Interfaz con el LMS*, considerando en base a las anteriores componentes, qué herramientas y servicios del LMS se reutilizarán para la aplicación.

### 3. La corriente pedagógica subyacente

La evolución histórica de la psico-pedagogía ha recorrido un largo camino desde el conductismo hasta el socio-constructivismo o las teorías de actividad, pasando por múltiples estados intermedios (ver Capítulo 2, apartado 2). De la mano de la psico-pedagogía, las primeras aplicaciones de aprendizaje asistido por computador seguían teorías conductistas o cognitivistas, puesto que eran las más extendidas también en enseñanza presencial. En los últimos tiempos, los cambios en los modelos de instrucción se han visto influenciados por la adopción progresiva de aproximaciones constructivistas y socio-constructivistas, tanto en entornos virtuales como presenciales.



**Figura 3.1.** Componentes de diseño para el marco conceptual propuesto.

Sin embargo, a día de hoy, se siguen implementando aproximaciones basadas en corrientes conductistas. ¿Qué sentido tiene esto? ¿Acaso cada nuevo avance no implica la invalidación de los principios de anteriores? A nuestro entender, esto no es necesariamente así. Sin duda, en la elección de una determinada corriente pedagógica, pesa fundamentalmente el hecho de qué se pretende conseguir como resultado del proceso educativo: ¿Memorizar una serie de conceptos? ¿Aprender a extrapolar los conceptos para resolver problemas? ¿Desenvolverse en una situación de trabajo real y desarrollar habilidades de trabajo en grupo? Si el objetivo es que el alumno consiga

memorizar una serie de contenidos y darle acceso a cierta información, una aproximación objetivista podría ser la opción más efectiva. Sin embargo, si se pretende que consiga resolver problemas complejos en situaciones reales, quizás sea más conveniente utilizar una aproximación constructivista. Si, además, priorizamos el desarrollo de las capacidades de trabajo en grupo, lo más probable es que una aproximación socio-constructivista nos acerque más a los objetivos.

Una vez fijada la corriente pedagógica subyacente, en la elección de una aproximación concreta para el aprendizaje pesan consideraciones relacionadas con el sector de población a quien está destinado y el dominio de conocimiento al que se aplica. No es lo mismo formar a profesionales en la adquisición de capacidades específicas, que enseñar a leer en educación infantil.

La elección de una corriente pedagógica y una aproximación al aprendizaje, implican la adopción de una serie de principios generales que rigen el aprendizaje y condicionan profundamente el diseño de la aplicación, dependiendo el resto de las componentes de la decisión adoptada en relación a este punto.

#### 4. La estrategia de aprendizaje

En este trabajo utilizamos el concepto *estrategia de aprendizaje* para referirnos al conjunto de directrices explícitas que rigen un proceso de aprendizaje, tomando como referencia los trabajos elaborados por Reigeluth [Reigeluth, 1999] y Koper [Koper, 2005]. Se trata de especificar el proceso que permite llegar a conseguir unos objetivos predefinidos de aprendizaje para un sector de población y un dominio de conocimiento específicos (responde a las preguntas ¿Qué? ¿Cuándo? ¿Cómo? ¿Dónde? y ¿Quién?). Esto implica que una determinada estrategia puede funcionar en algunos casos, pero no en otros. Con todo, la aplicación de una estrategia en la situación adecuada tampoco garantiza que se alcancen los objetivos de aprendizaje predefinidos, tan sólo supone un incremento de la probabilidad de conseguirlos. La aplicación de una estrategia se podría resumir en una regla condicional como la siguiente:

*SI (la situación es S)*

*ENTONCES (utilizando el método M se consigue el objetivo O con probabilidad P)*

La primera parte de la regla, la condición, hace referencia a la situación (S), y contiene el conjunto de factores relevantes que definen el contexto y la situación del aprendizaje. Estos factores pueden interpretarse como requisitos de la estrategia de aprendizaje. En nuestro caso, como hemos mencionado, consideramos que existen cuatro tipos de requisitos básicos: los objetivos del aprendizaje, las características del sector de población a quien está destinado, las características del entorno y el dominio de conocimiento.

La segunda parte de la regla, se refiere a la aplicación de una determinada estrategia o método (M) teniendo en cuenta la situación S. Una estrategia define en detalle un proceso de aprendizaje. Es decir, qué sucede en concreto en el proceso, quién interviene, cuál es el papel de cada uno de los participantes, qué actividades se proponen, qué recursos se utilizan y se producen, dónde se realizan cada una de estas actividades y con qué medios, etc.

A nivel de proceso de aprendizaje, una estrategia funciona como un guión en una obra de teatro. Si analizamos la estructura de un guión de teatro, nos encontramos con los siguientes elementos: un conjunto de meta datos, que no son parte de la obra en sí, pero que identifican el título, el autor, la fecha de creación, etc.; los personajes o roles; los actos en los que se divide la obra (de carácter secuencial); la escenografía, es decir la descripción del escenario en donde tiene lugar la representación; las acciones que debe realizar cada actor cuando entra en escena; y la secuencia u orden en que se realizan las acciones. El término *guión* se utiliza habitualmente en el dominio de la psicología para hacer referencia a la estructura mental con la que un individuo organiza su conocimiento sobre los actores, objetos, acciones y escenarios que intervienen en una determinada situación. Su uso se ha extrapolado recientemente al dominio de la educación (en particular en procesos de aprendizaje colaborativo, ver apartado 0).

En los entornos de aprendizaje virtual, existen dos líneas divergentes para implementar una estrategia de aprendizaje estructurada mediante un guión: la primera es incrustar la estructura y la secuencia de acciones dentro del código de la propia aplicación, y la segunda es expresarlos de manera computable mediante un lenguaje de modelado educativo o mediante algún otro mecanismo, por ejemplo, los lenguaje específicos de dominio, los autómatas finitos o las máquinas de estado con el objetivo de separar la lógica de la representación. Una tercera línea a medio camino entre estas dos, es utilizar especificaciones estándar como IMS *Simple Sequencing* [IMS SS, 2003] o ADL SCORM [ADL SCORM, 2008]. Ambas alternativas permiten empaquetar y secuenciar colecciones de recursos educativos, pero carecen de semántica para expresar aspectos pedagógicos relacionados con el aprendizaje en sí y además no permiten la representación de estrategias colaborativas, estando restringidas al aprendizaje individual.

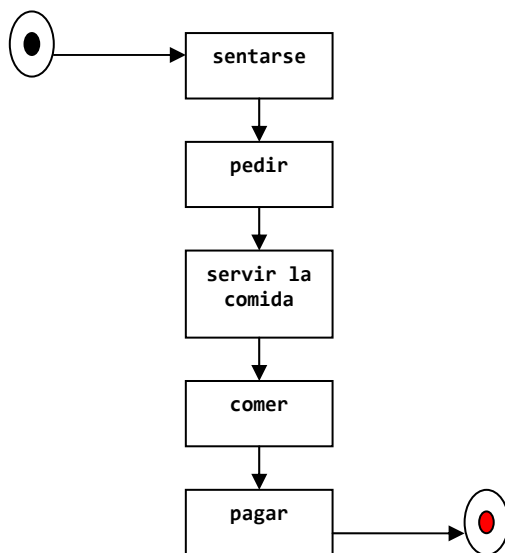


Figura 3. 2. Guión del restaurante [Schank, 1982].

Por su relevancia para este trabajo, en los siguientes apartados presentamos una breve introducción al concepto de guiones en educación (apartado 0), y a una serie de



alternativas para su implementación tecnológica. En particular: a los lenguajes de modelado educativo (entre ellos al que en estos momentos tiene una mayor difusión, IMS *Learning Design* en apartado 4.2.1), los lenguajes específicos de dominio (apartado 4.3) y a otras alternativas como los autómatas finitos y las máquinas de estados (apartado 4.4).

#### 4.1. Consideraciones previas: introducción al concepto de guiones de colaboración

La aproximación que utilizamos en este trabajo para modelar la estrategia de aprendizaje se basa en la *teoría de los esquemas (schema theory)* [Schank, 1977]. Según esta teoría, el conocimiento genérico sobre los sucesos secuenciales que configuran cualquier evento de la rutina diaria se pueden expresar mediante un guión (*script*) [Schank, 1977; Schank, 1982]. Los guiones se pueden utilizar para organizar el conocimiento, para guiar la conducta, para utilizar como soporte en caso de desconocimiento de cómo comportarse en una situación determinada, para predecir qué ocurrirá a continuación de un determinado suceso o para dar sentido a nuestras experiencias cotidianas. Un guión es una estructura mental derivada de experiencias previas y conocimiento anterior; representa nuestro conocimiento sobre personas, objetos y situaciones y permite generar una serie de expectativas sobre qué es probable y adecuado en un determinado contexto social.

Para ilustrar el concepto de guión, el ejemplo al que se recurre con más frecuencia es el del restaurante (ilustrado en el diagrama de la 0), puesto que se trata de una situación simple que todo el mundo ha vivido. En este guión existen tres personajes que representan tres papeles o roles: el cliente, el camarero y cocinero. El proceso está típicamente dividido en 5 escenas. El rol del cliente realiza las siguientes actividades: sentarse, pedir, que le sirvan la comida, comerla y pagar. Cuando una de las escenas termina, se inicia automáticamente la siguiente. El guión engloba el conocimiento de cómo cada uno de los roles se debe comportar para cada escena del proceso. Es decir, se espera que el camarero atienda y sirva la comida que el cocinero ha preparado y que el cliente la consuma y la pague. Estos comportamientos esperados se denominan reglas de comportamiento. Alguien que desempeña un papel en un guión debe atenerse a las reglas de comportamiento que acarrea su rol. La violación de estas reglas da origen a conflictos. Por ejemplo, el hecho de que el camarero se coma la comida que el cliente ha pedido originará, sin duda, un conflicto. Es importante recalcar, que existen multitud de variaciones sobre un mismo guión asociadas a características propias de cada situación (por ejemplo, comer en una hamburguesería o en un buffet comporta variaciones sobre el guión aquí desarrollado).

El concepto de guión se ha extendido de manera relativamente reciente al dominio de las aplicaciones educativas, con el objetivo de servir como herramienta para estructurar el proceso de aprendizaje, incluyendo las interacciones entre los participantes y la coordinación de sus actividades. En ocasiones se referencian con el nombre de protocolos de aprendizaje, pero se les suele denominar más comúnmente guiones de colaboración [Hoppe, 1999; Guzdial, 2000; Miao, 2000; Pfister, 2002; MOSIL, 2004; Fischer, 2007].

## 4.2. Los lenguajes de modelado educativo

Un lenguaje de modelado educativo (EML, *Educational Modeling Language*) es un modelo de información semántico que describe el contenido y el proceso implícitos en una unidad de aprendizaje (UoL, *Unit of Learning*) desde una perspectiva pedagógica con el fin de dar soporte a su reutilización e interoperabilidad [Rawling, 2002]. El concepto de unidad de aprendizaje es un aspecto central en el dominio de los EMLs y hace referencia al proceso que conduce al cumplimiento de uno o varios objetivos de aprendizaje. En concreto, puede materializarse como un curso completo, un módulo o un tema.

En los últimos años, ha habido diversas tentativas para crear un EML de amplio espectro que sea capaz de cubrir los requisitos para modelar estrategias de aprendizaje basadas en corrientes pedagógicas diferentes. Entre ellos cabe mencionar:

- El *Ariadne's Content Description Framework* (A-CDF) del Instituto Suizo Federal de Tecnología (*Swiss Federal Institute of Technology*). Utiliza XML como sintaxis y se define como generalista y pedagógicamente neutro (lo que significa que en principio soporta la modelización de estrategias de diferentes corrientes).
- *Educational Markup Language* (EML) un proyecto de la Universidad Abierta de Holanda (OUNL) [Koper, 2001] que ha derivado en una iniciativa global auspiciada por el consorcio IMS, que actualmente se conoce como *Learning Design* [IMS LD, 2003] (se analiza con mayor detalle en el apartado 4.2.1.).
- El *Learning Material Markup Language* (LMML), de la Universidad de Passau, Alemania. Utiliza XML como sintaxis y está formado por un conjunto de sublenguajes específicos a distintos dominios de aplicación. Proporciona un marco pedagógico básico que se puede extender o modificar para reflejar diferentes estrategias.
- PALO de la *Universidad Nacional de Educación a Distancia* (UNED) España [Rodríguez-Artacho, 2000]. Es capaz de plasmar aproximaciones pedagógicas pertenecientes a diversas corrientes. Define los escenarios de aprendizaje a través de una serie de plantillas que contienen determinadas propiedades pedagógicas.
- En [Martínez-Ortiz, 2008a] se propone la distinción entre dos tipos de EMLs, EMLs de autoría y EMLs de intercambio, con el fin de abordar la complejidad de uso derivada de la excesiva expresividad de los EMLs.

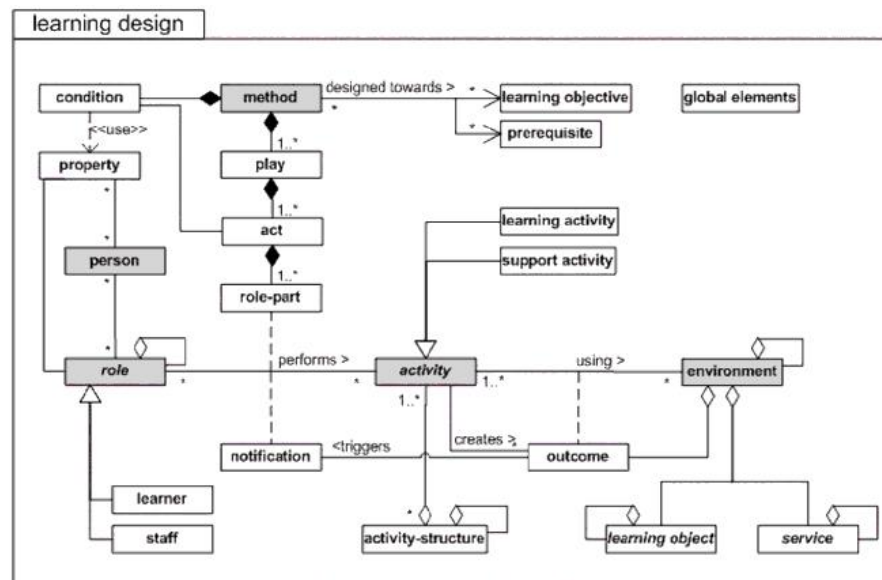
Un estudio más detallado se puede encontrar en [Fernández-Manjón, 2009].

### 4.2.1. IMS Learning Design

En el año 2001 el consorcio IMS recogió EML como base para el desarrollo de la especificación IMS LD. La especificación fue aprobada finalmente en el año 2003 como modelo para describir y diseñar unidades de aprendizaje [IMS LD, 2003] y es en la actualidad el lenguaje de modelado pedagógico más extendido entre la comunidad educativa, donde es considerado ya un estándar de facto.

La parte central de la especificación es que, independientemente de la aproximación pedagógica, un actor o persona que interviene en un proceso de aprendizaje desempeña un *rol* concreto dentro del proceso (los roles básicos serían el de alumno y

La especificación contiene un modelo de datos, en el que se describen los elementos que la componen, y un modelo de comportamiento en el que se especifica cómo interpretar la descripción.



**Figura 3. 3.** Modelo de datos de alto nivel de la especificación IMS LD [IMS LD, 2003].

#### 4.2.1.1. Componentes

- Los *Roles*. Son los participantes o actores de un proceso de aprendizaje. Hay dos tipos de roles predefinidos alumnos y personal académico. Pueden, sin embargo sub-dividirse y especializarse, permitiendo la realización de funciones específicas necesarias en algunas formas de aprendizaje como las basadas en tareas o en simulaciones.

- Las *Actividades*. Contienen una descripción de la tarea a realizar en cada momento. Son de dos tipos básicos: *actividades de aprendizaje* (*Learning Activities*) y *actividades de soporte* (*Support Activities*). Las actividades de aprendizaje se llevan a cabo por un único rol para conseguir un objetivo determinado. Una actividad de soporte está orientada a facilitar la realización de alguna actividad de aprendizaje. Las actividades pueden agruparse en estructuras, proporcionando un mecanismo de secuenciación de grupos de actividades a realizar por uno o por varios roles.
- Los *entornos*. Son los escenarios en los que se lleva a cabo una actividad. Contienen todos los recursos necesarios para ejecutarlas:
  - Objetos de Aprendizaje.
  - Aplicaciones, o recursos que no pueden fijarse en tiempo de diseño y deben ser asignados por el sistema que ejecuta la unidad de aprendizaje, por ejemplo: chats, foros o videoconferencias.
  - Otros entornos.

#### 4.2.1.2. Método

Es el mecanismo que define cómo se realiza la ejecución de una UoL, es decir, en qué secuencia se realizan las actividades y quién las lleva a cabo (los roles asociados a las mismas). El método se estructura de la misma forma que una obra de teatro: un método se compone de una o varias piezas (*Play*), que a su vez se componen de uno o varios actos (*Acts*), que están compuestos por una o más participaciones de los roles (*Role-Parts*). Las *Role-Parts* están asociadas a un único rol que ejecuta una única actividad. En cada acto se establecen las diferentes actividades para roles en diferentes *Role-Parts*, pudiendo involucrar a varios participantes, cada uno de ellos realizando una única actividad (ver Figura 3. 4).

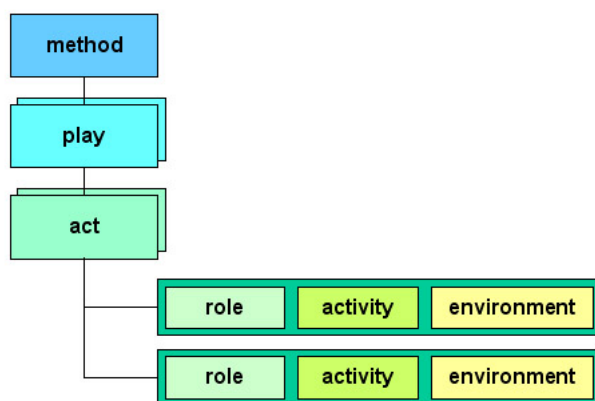


Figura 3. 4. Estructura del Método en IMS-LD [IMS LD, 2003].

A parte de estos elementos es posible definir *Propiedades* (*Properties*), *Condiciones* (*Conditions*) y *Notificaciones* (*Notifications*) que permiten modificar la secuencia establecida por defecto en el supuesto de que se cumplan las condiciones establecidas.

### 4.3. Lenguajes específicos de dominio

El desarrollo de aplicaciones pedagógicas requiere la participación y colaboración de diversos expertos en dominios distintos, en particular, pedagogos y desarrolladores. Típicamente la estrategia de aprendizaje debe estar diseñada por expertos en pedagogía e implementada por programadores y expertos en sistemas de información. La comunicación entre estos grupos de expertos no resulta sencilla en la mayoría de los casos; los desarrolladores se sienten frustrados por su incapacidad para transmitir una idea clara de lo que es factible, mientras que los educadores se ven obligados a aprender jergas y tecnicismos que les son ajenos y suponen en la mayoría de los casos una distracción en su trabajo [Moreno-Ger, 2006].

Una de las maneras de atacar este problema es el uso de de Lenguajes Específicos de Dominio (DSL, *Domain Specific Languages*) [Van Deursen, 2000; Mernik, 2005], que son lenguajes específicamente diseñados para la implementación de aplicaciones en un determinado dominio. Por su propio carácter altamente específico, estos lenguajes no suelen tener la complejidad de un lenguaje de programación completo, lo que permite describir las aplicaciones en base a programas con una sintaxis fija, y, con ello, la tarea del experto en el dominio se reduce considerablemente. Además, si el lenguaje está bien construido, esta sintaxis debería parecerse a su forma de expresarse para describir el dominio. Por su parte, los desarrolladores crean un compilador/intérprete para el lenguaje capaz de recibir una descripción de alto nivel y generar la aplicación.

### 4.4. Autómatas finitos y máquinas de estados

Los diagramas de estado [Harel, 1987] y los autómatas finitos son lenguajes gráficos para modelar procesos de diferente índole y naturaleza (ambos incluidos en la especificación UML 2.1.2 [UML, 2008]). A primera vista son bastante similares y ambos poseen una semántica operacional definida. Una de las diferencias es que el primero posee una mayor riqueza en términos de estructuración y expresividad para condiciones y acciones, puesto que estas constituyen una parte integrada en la especificación. Los estados pueden estar embebidos en otros estados, lo que posibilita la estructuración de procesos complejos [Harrer, 2006], esenciales a la hora de formalizar procesos de naturaleza colaborativa.

Como mecanismo de implementación para guiones de aprendizaje presentan las siguientes características interesantes:

- Capacidad para describir de manera efectiva procesos que incluyan distintos niveles de granularidad. Permiten expresar dependencias jerárquica y secuenciar, a través de ellas, los materiales de aprendizaje [Gutiérrez, 2004].
- Disponibilidad de una semántica operacional definida. Para que el lenguaje sea computable, es decir, pueda ser interpretado por un sistema de aprendizaje basado en computador, la descripción formal del *guión* (o *script*) debe poder ser interpretada a nivel operativo. Para ello los constructores del lenguaje deben tener una semántica bien definida.

Pese a todo, presentan un inconveniente esencial: la ausencia de implementaciones de referencia.

## 5. La adaptación

El concepto de adaptación del aprendizaje empieza a adquirir sentido a raíz de la progresiva incorporación del cognitivismo a la pedagogía. Hasta ese momento la teoría pedagógica dominante, el conductismo, consideraba que un mismo estímulo provocaba la misma reacción en todos los alumnos. La aportación principal del cognitivismo, que permanece vigente para el resto de teorías posteriores (constructivismo y socio-constructivismo), es la consideración de que cada alumno es único frente al aprendizaje. Esto implica, necesariamente, que para hacer el proceso de aprendizaje más efectivo es necesario personalizarlo o adaptarlo en función de una serie de características individuales (conocimientos previos, características de personalidad o inteligencia, preferencias, objetivos, etc.).

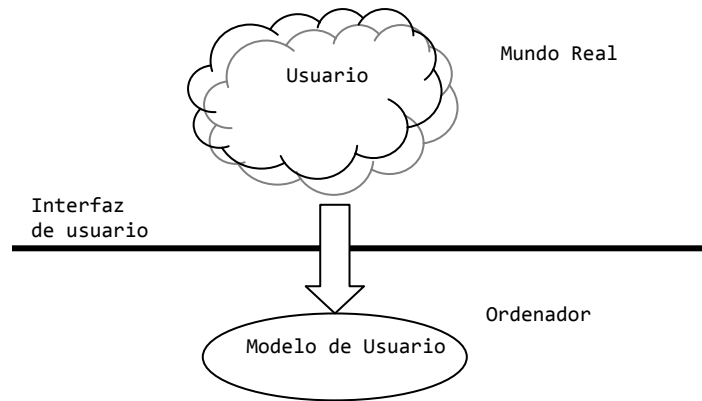
Cuando se aplica a un sistema *software*, el término adaptación (o personalización), hace referencia a un proceso a través del cual el sistema modifica su comportamiento en base al conocimiento que posee sobre el usuario. Este conocimiento puede ser proporcionado previamente por el propio usuario o ser recogido dinámicamente por el sistema, en cuyo caso debe poder registrar y monitorizar el comportamiento de éste. Los sistemas *software* que tienen la capacidad de comportarse de este modo se conocen como sistemas adaptativos.

Aplicado al *e-learning*, la adaptación hace referencia a la capacidad de modificar determinados aspectos del proceso del aprendizaje en función de ciertas características individuales de los alumnos de acuerdo con una serie de reglas predefinidas. Brusilovsky define la lógica de un proceso de adaptación para un sistema e-learning en función de los siguientes términos [Brusilovsky, 1999; Brusilovsky, 2002]:

- Los *determinantes*, o en base a qué características del alumno se basa la adaptación.
- Los *constituyentes*, o cuáles son los aspectos del proceso de aprendizaje que están sujetos a adaptación.
- Las *reglas*, o la lógica que define qué aspectos se modifican en función de qué características y cómo.

Para poder individualizar sus respuestas, el sistema necesita recoger de alguna manera las diferencias en función de las cuales pretende adaptar su comportamiento. Esta información se recoge y se gestiona en un *modelo del alumno*, que es un caso particular de lo que se conoce como *modelos de usuario* aplicado a los sistemas de aprendizaje. Un modelo de usuario es una representación de lo que el sistema conoce o cree conocer sobre el usuario (el alumno), que es una pequeña parte de las características reales del alumno en base a las cuales se quiere realizar la adaptación (ver Figura 3. 5) [Kay, 2000].

El tipo de información almacenada en el modelo depende, lógicamente, de cuál sea el propósito del proceso de adaptación y, en función de esto, se intenta obtener la información que resulte más relevante, por ejemplo: el nivel de conocimientos del alumno, sus preferencias, sus objetivos, sus intereses, sus características intelectuales, cognitivas o de personalidad, su estilo de aprendizaje, etc.



**Figura 3. 5.** Usuario y modelo de usuario.

Por lo general, los sistemas de aprendizaje pueden ofrecer comportamiento adaptativo para uno o varios de los siguientes aspectos (*constituyentes*) [Koch, 2000]:

- Los contenidos presentados al alumno, bien sea el formato (según preferencias o características personales) o el contenido en sí, en cuanto a profundidad o extensión (según nivel de conocimientos del alumno o sus objetivos de aprendizaje).
- La secuencia y la forma en la que se presentan los contenidos, en función del estilo de aprendizaje o características intelectuales de los alumnos.
- La interfaz de usuario se suele adaptar en función de preferencias, discapacidades o estilos de aprendizaje.
- Presentación de retroalimentación y pistas al alumno relativos a su proceso de aprendizaje (en función de conocimientos adquiridos o fallos en la interpretación de estos).
- Asistencia para aprendizaje colaborativo (búsqueda de compañeros con características similares o compatibles, conocimientos complementarios, etc.).
- Asistencia para la utilización del sistema.

El proceso de modelado del usuario requiere técnicas que permitan recoger la información relevante para el propósito previsto, construir el modelo en sí, utilizarlo para uno o varios de los propósitos anteriores y mantenerlo en el tiempo.

Cualquier modelo no deja de ser una aproximación del usuario real, una interpretación de los datos recogidos inferida a partir de una serie de técnicas específicas. En las técnicas de modelado y adaptación, hay que tener en cuenta de manera particular el balance coste-beneficio en el contexto de la aplicación, ya que se trata de emular el comportamiento de sistemas complejos. Entre los motivos que dificultan el uso de modelos de usuario destacan: la inicialización y el mantenimiento del modelo a partir de un conjunto de datos restringido, la imprecisión en las medidas de las variables y la impredecibilidad del comportamiento futuro de los usuarios [Stein, 1997].

Las técnicas de adaptación y modelado de usuario se han empleado en multitud de sistemas de aprendizaje pertenecientes tanto a las corrientes objetivistas (a partir del

cognitivismo) como constructivistas o socio-constructivistas. En particular para los ITS [Brusilovsky, 1994], los sistemas de hipermedia adaptativos [De Bra, 1998; Brusilovsky, 1996; Kinshuk, 1999; Karampiperis, 2005] y los sistemas CSCL [Peña, 2005].

En este apartado se hace una rápida revisión sobre los fundamentos del modelado de usuario (apartado 5.1) y de la catalogación de las distintas técnicas de adaptación y los modelos de usuario (apartado 5.2). Por último, se estudian separadamente algunos sistemas que utilizan técnicas de adaptación en dos dominios de especial relevancia para este trabajo (apartado 5.3): el modelado de estilos de aprendizaje y la adaptación en sistemas CSCL.

### 5.1. Fundamentos sobre formalización del modelo de usuario

Un modelo de usuario es, como ya se ha dicho, una representación del conocimiento que el sistema tiene sobre el usuario. La notación que utilizamos en este apartado se basa en la formalización descrita por Self [1991].

Lo que el sistema asume sobre el usuario o sus *creencias* se representan como fórmulas de cálculo proposicional, que pueden ser evaluadas como verdaderas o falsas. Los objetos de la creencia se denominan proposiciones. Las creencias ( $B$ , *beliefs*) son sostenidas por *agentes* ( $A$ ) y hacen referencia a otros agentes, como son el *sistema* ( $S$ ) y el *usuario* ( $U$ ). Por ejemplo, sea  $p$  una proposición, entonces  $B_{Ap}$ , es lo que el agente  $A$  cree y

$B_A = \{p \mid B_{Ap}\}$  es el conjunto de creencias del agente  $A$

Como  $B_{Ap}$  son proposiciones, esto implica que las proposiciones se pueden anidar, con lo que por ejemplo:

$B_{SU} = \{p \mid B_S B_{Up}\}$  es el conjunto de proposiciones  $p$  que el sistema  $S$  cree que son creídas por el usuario  $U$ .

Un modelo de usuario ( $UM$ ) se define como el conjunto de creencias (proposiciones) que el sistema  $S$  tiene sobre el usuario  $U$ . Descrito de una manera formal quedaría:

$UM = B_S(U) = \{p \mid B_{Sp}(U)\}$

Una creencia ( $p$ ) sostenida por un agente  $A$  ( $B_{Ap}$ ) se convierte en conocimiento ( $K_{Ap}$ ) si  $p$  es verdadero y existe alguna forma de demostrar que  $p$  es verdadero. Entonces:

$B_{Ap} = K_{Ap}$

### 5.2. Categorización de modelos de alumno

La clasificación más común entre los modelos de alumno se realiza de acuerdo a cuatro criterios [Koch, 2000]:

- Su relación con el dominio de conocimiento, es decir, si tienen o no que ver con éste. Responden a la pregunta *¿Qué información se guarda?*.



- Su estructura interna, es decir, responden a la pregunta *¿Cómo se guarda esta información?*.
- Los métodos que utilizan para inicializar, construir y mantener el modelo (el llamado proceso de adquisición). Es decir, *¿Cómo se actualiza la información?*
- Su durabilidad (largo, corto o medio plazo). Es decir, *¿Qué vigencia tiene la información almacenada?*.

### 5.2.1. Tipos de modelos atendiendo a su relación al dominio de conocimiento: ¿Qué información se almacena?

En esta categoría, podemos distinguir entre tres tipos de modelos de alumno:

- *Los modelos sobre los conocimientos adquiridos en el transcurso del proceso de aprendizaje* (conocimiento sobre el dominio), tienen como objetivo representar los conocimientos que el sistema cree que posee el alumno (D):

$D_s = \{p \mid B_{sp} \wedge p \in D\}$  es el conjunto de proposiciones relativas al dominio D que tiene el sistema

$D_s(U) = \{p \mid B_{sp}(U) \wedge p \in D\}$  es el conjunto de proposiciones relativas al dominio D que el sistema cree que tiene el usuario U

- *Los modelos sobre conocimientos independientes del dominio*, cuyo objetivo es representar los conocimientos previos del alumno que no están incluidos en los objetivos de aprendizaje del sistema (I).

$I_s = \{p \mid B_{sp} \wedge p \in I\}$  es el conjunto de proposiciones relativas al dominio I que tiene el sistema

$I_s(U) = \{p \mid B_{sp}(U) \wedge p \in I\}$  es el conjunto de proposiciones relativas al dominio I que el sistema cree que tiene el usuario U

- *Los modelos psicológicos o cognitivos*, relativos a preferencias, objetivos, características de personalidad o de inteligencia (C). Entre el tipo de modelos psicológicos y cognitivos se encuentran los modelos sobre los llamados estilos de aprendizaje, particularmente relevantes para este trabajo.

$C_s = \{p \mid C_{sp} \wedge p \in C\}$  es el conjunto de proposiciones sobre C que tiene el sistema

$C_s(U) = \{p \mid C_{sp}(U) \wedge p \in C\}$  es el conjunto de proposiciones sobre C que el sistema cree que tiene el usuario U

Los dos últimos son modelos más estables, puesto que representan un conjunto de características más perdurables en el tiempo, mientras que el conocimiento sobre el dominio que tiene el alumno está sujeto a cambios constantes a lo largo del proceso educativo.

En general un modelo de usuario se define como la unión de las creencias que el sistema tiene sobre el usuario en los tres dominios anteriores:

$$UM = D_s(U) \cup I_s(U) \cup C_s(U)$$

### 5.2.2. Tipos de modelos atendiendo a su estructura interna: ¿Cómo se almacena la información?

El conocimiento que el sistema cree tener sobre el alumno puede representarse utilizando diferentes técnicas, entre las más utilizadas se encuentran: la construcción de

perfiles del alumno, los modelos de superposición (*overlay models*), las redes bayesianas, los modelos basados en estereotipos y los modelos basados en patrones. Ofrecemos a continuación una breve descripción de los más comunes:

- *Modelos basados en perfiles*. En numerosas ocasiones los términos perfil y modelo de alumno se utilizan indistintamente, como sinónimos. Sin embargo, desde un punto de vista estricto, la diferencia entre ambos radica en el grado de elaboración de la información almacenada. Por lo general, en un perfil la información se almacena de manera directa como pares atributo valor, sin realizar interpretaciones sobre la misma [Fröschl, 2005]. Se suelen utilizar perfiles en lugar de modelos para representar características estables de la personalidad del alumno o que se espera varíen poco a lo largo del proceso educativo. Es decir, están especialmente indicados para almacenar aquellas características que son independientes del dominio de conocimiento de la aplicación, como son: las habilidades cognitivas o intelectuales, las preferencias o los estilos de aprendizaje. Ejemplos de sistemas que implementan adaptación basada en perfiles son: *EPK* [Timm, 1998], *SmexWeb* [Albrecht, 2000] y *Professor: e* [Segal, 2004].
- *Modelos de superposición (overlay models)*. Introducidos por Carr y Goldstein en 1977 [Carr, 1977], son en la actualidad el tipo más usual de modelo de usuario. Se utilizan para modelar los conocimientos sobre el dominio que el sistema cree que tienen los alumnos. El conocimiento del alumno se asume como un subconjunto del conocimiento global del sistema (o modelo experto), representado mediante una red jerárquica de nodos y sub nodos, cada uno de los cuales se corresponde con un tema o sub tema del dominio de conocimiento. El conocimiento que el alumno posee sobre un tema del dominio, suele representarse mediante valores binarios (conocido o desconocido), o probabilísticos (que representan con qué grado de certeza el sistema cree que el alumno posee o no conocimiento sobre dicho nodo). Existen multitud de sistemas que implementan modelos de superposición, entre ellos: *ICICLE* [Michaud, 2004], *SQL-Tutor* [Mitrovic, 2002], *EML-ART* [Brusilovsky, 1996c] y *HYNECOSUM* [Vassileva, 1996].
- *Redes bayesianas (BN, Bayesian Networks)* [Pearl, 1988]. Las redes bayesianas tienen como objetivo estimar la probabilidad de que se produzcan determinados fenómenos no observables (o cuya observación requeriría un coste demasiado elevado) [Honari, 2006]. Se trata de una aproximación probabilística utilizada para modelizar y predecir el comportamiento de un sistema en base a fenómenos estocásticos observables a través de gráficos dirigidos no cíclicos (DAG, *Directed Acyclic Graph*). Desde un punto de vista formal, una red bayesiana representa mediante un gráfico compacto la factorización de una distribución de probabilidades conjuntas sobre un conjunto finito de variables aleatorias discretas. Los nodos de la red representan las variables (que siempre son aleatorias) y los enlaces entre ellas representan las propiedades de dependencia (o independencia) entre ellas. Por cada variable se especifica una distribución de probabilidades locales condicionadas por la configuración (también condicionada) de cada uno de sus nodos padre [Kaerulff, 2005]. Las redes bayesianas se utilizan para modelizar tanto aspectos relacionados con el dominio como aspectos independientes de este (cognitivos, psicológicos, preferencias...). Los sistemas *ANDES* [Gertner, 2000] y *SE-Coach* [Conati, 2002] utilizan esta técnica para

modelar el conocimiento sobre el dominio de la aplicación (Física). En *Desktop Associate* se modelizan las habilidades del alumno en la utilización de un procesador de texto [Murray, 1999]. En *IDEAL* [Shang, 2001] se usan redes bayesianas para clasificar a los alumnos en estereotipos de acuerdo con su nivel de conocimiento (novel, aprendiz, intermedio, avanzado o experto). En [Arroyo, 2005] los autores construyen una red bayesiana para modelizar las aptitudes ocultas del alumno, su percepción del sistema de aprendizaje y los conocimientos adquiridos a partir del comportamiento observable del alumno almacenado en fichero de registro de usuario. En [Gamboa, 2001] los autores utilizan una red bayesiana para evaluar el estado de los conocimientos del alumno y sus preferencias en un ITS. En [Xenos, 2004] y en [Garcia, 2007] se proponen sendas redes bayesianas para detectar los estilos de aprendizaje de los alumnos. En [Li, 2005] se describe el uso de redes bayesianas para inferir las necesidades del alumno y su estado emocional.

- *Modelos basados en estereotipos* [Rich, 1979]. Al igual que en los modelos basados en perfiles, en los modelos estereotípicos las características del usuario se representan como pares atributo valor. La diferencia básica radica en que en este caso, se vincula una combinación concreta de pares atributo valor a un cierto estereotipo (por ejemplo, novel, intermedio o avanzado) de manera que un usuario hereda todas las propiedades definidas para el estereotipo al que pertenece. Se trata de una técnica más sencilla que los modelos de superposición o las redes bayesianas, que, sin embargo, ha dado da resultados satisfactorios en algunos sistemas para modelizar características perdurables a largo y medio plazo (por ejemplo, los estilos de aprendizaje). Se utilizan modelos basados en estereotipos en: [Tsiriga, 2004], [Michaud, 2004], donde los estereotipos son dinámicos y se modifican conforme el alumno progresa en el sistema de aprendizaje combinados con un modelo de superposición, al igual que en *ARCADE* [Encarnação, 1996]. En [Tang, 2001] se propone la creación de estereotipos en función de las características de navegación del alumno por el sistema y en [Tourtoglou, 2008] se presenta un modelo de usuario para entornos colaborativos basado en estereotipos.
- *Modelos basados en patrones extraídos a través de técnicas de minería de datos*. De manera relativamente reciente [Tang, 2000] se están empezando a aplicar técnicas de minería de datos a los sistemas de aprendizaje. Empleadas ya desde hace algún tiempo en comercio electrónico, estas técnicas se basan en tratar de extraer conocimiento basado en el análisis de grandes cantidades de datos generados en la interacción del usuario con el sistema, obteniendo patrones de comportamiento que permiten establecer diferentes tipologías de usuarios [Klosgen, 2002]. No se trata exactamente una técnica de modelado del alumno, pero se utiliza cada vez con mayor frecuencia con fines adaptativos (por lo general en base a recomendaciones) en sistemas de aprendizaje, puesto que los patrones se infieren de datos reales. Es decir, al revés de lo que sucede en la mayor parte de los métodos tradicionales que se han expuesto aquí, que parten de asumir axiomas e hipótesis y los datos se recogen con el fin de verificar las mismas [Gaudioso, 2006], las técnicas de minería de datos siguen el proceso inverso. Es decir, se parte de los datos para generar los patrones. En ocasiones se utilizan en combinación con alguna otra de las técnicas anteriormente descritas [Tang, 2001].

### 5.2.3. Tipos de modelos atendiendo al proceso de adquisición y mantenimiento: ¿Cómo se actualiza la información almacenada?

El proceso de mantenimiento del modelo requiere la adquisición de datos sobre el comportamiento del usuario y el ajuste del modelo si, por ejemplo, existe evidencia de que este es inexacto o si se pone de manifiesto la necesidad completarlo con información adicional (por ejemplo, si los datos recuperados evidencian que el usuario se comporta de manera diferente a lo predicho por el modelo). El escollo principal de este proceso radica interpretar los datos recibidos de la interacción usuario sistema (que generalmente son del tipo número de *clicks* a enlaces, tiempo empleado en una página, entradas de texto, etc.) para inferir de ellas proposiciones o acciones [Ragnemalm, 1995].

Las técnicas de adquisición pueden caracterizarse de acuerdo a varias dimensiones ortogonales [Chin, 1993]:

- *Activas (o intrusivas) o pasivas* [Greer, 1996], en base al tipo de participación del usuario. En los modelos activos, los datos se recogen a partir de preguntas directas al usuario, mientras que los pasivos están basados en inferencias a partir de la observación de su comportamiento (como páginas visitadas, análisis del registro de clics, tiempo empleado por página, etc.). A veces ambas técnicas se combinan, utilizando para la inicialización técnicas activas y para el mantenimiento pasivas.
- *Automáticos o iniciados por el usuario (también llamados visibles u opacos)* [Kay, 1995], en función de sobre quién recae la decisión del proceso de adquisición. En los modelos iniciados por el usuario, éste tiene la potestad de decidir cuándo quiere modificar el modelo (ya que es accesible y transparente). En los modelos automáticos el usuario no tiene acceso a esta información. Los modelos automáticos son los más usuales. Los sistemas que utilizan técnicas automáticas se conocen como adaptativos mientras que los iniciados por el usuario se suelen llamar adaptables.
- *Lógicos o plausibles*, son plausibles aquellas técnicas que requieren la representación explícita de la incertidumbre en el modelo y necesitan de mecanismos para mantener la consistencia (por ejemplo, los representados mediante redes bayesianas). Los modelos lógicos son aquellos que utilizan reglas lógicas como técnica de modelado (por ejemplo, los modelos de superposición).
- *Online y offline*, en función de cuándo se recogen los datos para actualizar y mantener el modelo. La mayoría de las técnicas empleadas son online, sin embargo, de manera excepcional, se pueden extraer datos sobre el usuario de bases de datos o de ficheros de interacción (v.g. ficheros log).
- *Dinámicos o estáticos* [Koch, 2000], en función de en qué momento se realiza la actualización del modelo. Los modelos dinámicos recogen información de la interacción del usuario con el sistema y actualizan el modelo de manera continua, mientras que en un modelo estático la actualización se realiza en fases iniciales o de manera cíclica y a intervalos regulares.

El proceso de adquisición y mantenimiento del modelo se realiza en tres fases: recolección de los datos, diagnóstico y consistencia.

El problema fundamental en la fase de recolección de datos para los sistemas automáticos con técnicas pasivas es la cantidad de datos disponibles y el nivel de detalle de dichos datos, lo que depende de la granularidad del modelo.

El diagnóstico es el proceso mediante el cual el sistema contrasta los datos recogidos con el modelo, es decir, detecta si el usuario se comporta de la manera esperada. Su objetivo es por tanto establecer una correspondencia entre los datos recibidos y el modelo de usuario o viceversa. El proceso se realiza por lo general en dos pasos: la transformación de los datos recolectados y la evaluación o comparación del comportamiento resultante con el comportamiento “correcto” predicho por el modelo. Los métodos utilizados para la transformación de los datos varían entre dos extremos:

- *Diagnóstico conducido por los datos.* El diagnóstico se construye a partir de los datos generados por comportamiento (o input,  $i_i$ ) sin que exista referencia a un modelo previo. Los datos de entrada ( $i_i$ ) deben de ser mapeados en un conjunto de proposiciones ( $p_i$ ) a través de una función que los interpreta. El problema fundamental de este tipo de diagnóstico es encontrar dicha función:

$$\text{Interprete } (\{i_1, i_2, \dots, i_n\}) = \{p_1, p_2, \dots, p_m\} \text{ tal que} \\ B_s B_{up_i} \text{ para } j=1..m$$

En el caso más sencillo la función intérprete será la identidad, es decir  $i_j = p_k$ . Sin embargo, y por lo general, la interpretación es un proceso complejo puesto que supone razonar sobre qué significa una entrada determinada en términos de las creencias del usuario (o que el sistema piensa que el usuario cree).

- *Diagnóstico conducido por el modelo.* Utilizando criterios de reconocimiento por patrones, las propiedades contenidas en el modelo se pueden convertir a un formato similar a los datos de entrada. La aplicación de estas técnicas supone la resolución de sistemas de muy elevada complejidad.

Por lo general, las técnicas de diagnóstico conducidas por los datos son más apropiadas para dominios sencillos (en general no vinculados con el conocimiento), y lo más habitual es emplear técnicas intermedias entre estas dos aproximaciones.

En la fase de consistencia, una vez realizado el diagnóstico, se incorporan nuevas proposiciones al modelo a raíz de los datos recogidos. El sistema asegura que las nuevas proposiciones incorporadas sean consistentes con las ya almacenadas, realizando para ello los ajustes adecuados [Huang, 1991]. No obstante, este es un proceso altamente complejo y muy difícil de implementar de manera efectiva en dominios complejos.

#### 5.2.4. Tipos de modelos de usuario atendiendo a la durabilidad de los datos: ¿Qué vigencia tiene la información almacenada?

Dependiendo la estabilidad de la información almacenada se consideran dos tipos de modelo [Fernández-Manjón, 1996]:

- *Modelos de largo plazo.* La información almacenada es de carácter estable. Es decir, no varía sustancialmente con el tiempo. La actualización de este tipo de modelos es de ciclo largo o semi estática.
- *Modelos a corto plazo.* Almacenan información de carácter volátil. Es decir, debe ser actualizada dinámicamente en periodos cortos de tiempo.
- *Modelos a medio plazo.* Presentan características mixtas entre los dos anteriores.

### 5.3. Análisis de algunos sistemas relevantes

#### 5.3.1. Modelos de alumno para representar los “estilos de aprendizaje”

Como ya se ha mencionado, uno de los aspectos que pueden formar parte del modelo del alumno es su estilo de aprendizaje. Por lo general bajo el concepto *estilo de aprendizaje* se suele englobar un conjunto de características que condicionan la manera que tiene cada alumno de recoger información y procesarla [Felder, 1996]. Es decir, son aquellas características que individualizan la forma de aprender de cada alumno. No obstante, no existe un consenso amplio sobre cuáles son estas características, ni hasta qué punto afectan al aprendizaje individual. De hecho, la diversidad de modelos y definiciones sobre los estilos de aprendizaje es enorme. En un estudio realizado por el *Learning and Skills Research Centre*, dependiente del Instituto de Aprendizaje y del Departamento de Educación en el Reino Unido [Coffield, 2004], se han contabilizado hasta 71 modelos diferentes clasificados en 5 familias de acuerdo a su definición (ver Capítulo 4 apartado 3.2.1), si bien la fiabilidad de muchos de ellos es discutible [Brown, 2005].

Curiosamente, pese al interés que despiertan estas teorías entre los miembros de la comunidad educativa y su enorme potencial, las herramientas *e-learning* que adaptan la experiencia educativa en relación a este aspecto son aún escasas y por lo general están restringidas a prototipos y plataformas de investigación [Brusilovsky, 2007]. Desde nuestro punto de vista, los motivos pueden estar relacionados tanto con su excesiva complejidad (en su mayoría, se trata de sutiles clasificaciones dependientes de parámetros psicológicos y de personalidad de difícil computabilidad), como con la encendida polémica que despierta entre la comunidad educativa la discusión sobre su eficacia pedagógica [Rayner, 2007].

Entre las cuestiones que es necesario abordar a la hora de construir un modelo de adaptación en base a los estilos de aprendizaje, se encuentran: ¿qué aspectos incluidos en los estilos de aprendizaje merece la pena modelizar? y una vez modelizados ¿cuáles de todos los aspectos que conforman el proceso de aprendizaje conviene adaptar? Es decir, ¿en qué se debe modificar el proceso educativo para alumnos con diferentes estilos de aprendizaje?

Existen algunas herramientas experimentales que adaptan determinados aspectos del proceso educativo en función de diferentes modelos sobre estilos de aprendizaje, entre ellas cabe destacar: *MANIC* [Stern, 2000] presenta información textual o visual en función del tipo de alumno; *MOT* [Stash, 2004] e *INSPIRE* [Grigoriadou, 2001] utilizan el modelo de Kolb [Kolb, 1984]; *AHA!* [De Bra, 2003; Stash, 2004] que utiliza el cuestionario de Honey y Mumford [Honey, 1992] para determinar el estilo de aprendizaje; *TANGOW* [Carro, 1999] y *WHURLE* [Brown, 2004] que toman como base el modelo de Felder-Silverman [Felder, 1988] y el modelo de Felder-Solomon [Felder, 2004] (ambos muy similares entre sí, de hecho, el de Felder-Solomon es una revisión del más antiguo Felder-Silverman).

#### 5.3.2. Adaptación aplicada a los sistemas de aprendizaje colaborativo

El objetivo de cualquier modelo de adaptación es satisfacer las necesidades educativas concretas de cada individuo atendiendo a un amplio espectro de factores, entre los que se puede considerar el estilo de aprendizaje. En el caso concreto de los sistemas

de aprendizaje virtual colaborativo (CSCL), este principio individual se extiende hacia la interacción con el grupo. Se debe favorecer la comunicación entre los alumnos, el intercambio de ideas y el acceso al material generado de los miembros del equipo a través de herramientas de comunicación y *software social*.

Algunos sistemas colaborativos que realizan algún tipo de adaptación sobre las actividades educativas son: *EPSILON* [Soller, 2001], *WebDL* [Gaudioso, 2002], *SMART-Learning* [Benkiran, 2002] y *TANGOW* [Carro, 1999].

En los sistemas CSCL adaptativos, el modelo del alumno (SM) tiene un alcance superior a los modelos tradicionales, se conoce como modelo colaborativo del alumno, y consta de los modelos individuales (SM) de cada uno de los alumnos y el modelo grupal (SGM por *Student Group Model*) [Paiva, 1997; Peña, 2005]. Además de los contenidos usuales en los SM, se incluyen otro tipo de información que resulta relevante para las situaciones colaborativas. Al respecto existen numerosas propuestas, tales como: modelización de creencias grupales, acciones grupales, errores cometidos por el grupo, diferencias entre creencias individuales y conflictos respecto a otros estudiantes [Paiva, 1997]; modelización de acuerdos grupales, afectos, creencias del grupo, auto-confianza y conflictos [Andrade, 2001]; modelización de creencias sobre el dominio, intenciones, objetivos, meta-intenciones y rol de los miembros del grupo [Azevedo-Tedesco, 2003]; o modelización del conocimiento, errores grupales, diferencias y preferencias [Vizcaino, 2005].

Uno de los aspectos de mayor peso a la hora de lograr el éxito en un entorno de trabajo colaborativo es, sin duda, la constitución de los grupos de trabajo. En el trabajo pionero de [Johnson, 1975] se llevó a cabo un estudio sobre cómo la composición de los grupos influía en el aprendizaje individual para escenarios presenciales, resultados que han sido posteriormente extrapolado a los sistemas CSCL. Desde el punto de vista del individuo, la experiencia educativa puede resultar un éxito o un fracaso dependiendo de este factor, puesto que en cualquier entorno CSCL se asume implícitamente que los alumnos aprenden unos de otros, con lo que la composición de un equipo es determinante.

Deibel afirma que la formación externa de grupos (esto es, no permitir que los alumnos se agrupen de acuerdo a sus preferencias) incrementa la implicación de los alumnos y las interacciones sociales [Deibel, 2005]. El sistema *I-Help* [Hansen, 2003] se basa en el uso de taxonomías para identificar clichés de comportamiento estandarizados para los cuatro roles típicos de un proceso colaborativo de aprendizaje, tutor, colega, alumno y experto. *GRACILE* [Ayala, 1998] plantea un modelo de usuario con el conjunto de creencias que el agente mediador posee del alumno, enfocado hacia la ejecución de determinadas actividades grupales, las intenciones y el conocimiento conjunto sostenido por el grupo. En [Muehlenbrock, 2006] se tiene en cuenta la existencia de conocimientos individuales complementarios entre los miembros a la hora de formar un grupo. En [Alfonseca, 2006] y en [Deibel, 2005] se consideran criterios relativos al estilo de aprendizaje del alumno basados en la aproximación de Felder-Silverman para establecer grupos de trabajo. En [Read, 2006] se presenta un marco que combina los modelos individuales y colaborativos de aprendizaje, que incluye un algoritmo basado en las habilidades lingüísticas del alumno para realizar la agrupación. Finalmente, en un estudio llevado a cabo por [Sánchez-Hórreo, 2007] se propone un modelo de agrupación basado en factores de personalidad e inteligencia de los individuos.

## 6. La interfaz de usuario

La interfaz de usuario para un sistema e-learning es la vía de comunicación e interacción entre la componente correspondiente a la estrategia de aprendizaje y el alumno (ver Figura 3. 1), tanto en lo que se refiere a los dispositivos *hardware* como al *software* (aunque como se ha mencionado previamente, en este estudio nos centraremos únicamente en la componente *software*). Por decirlo de alguna manera, y utilizando de nuevo el símil de la obra teatral del apartado 4, la interfaz equivale a la puesta en escena de la estrategia de aprendizaje. Es, por tanto, un punto clave a la hora de captar la atención y el interés de los alumnos [Parizotto-Ribeiro, 2004; Szabo, 1998]. Una interfaz atractiva puede, además, estimular a los alumnos aumentando la eficacia del aprendizaje [Metros, 2002], y contribuir a desarrollar la capacidad del alumno para percibir, organizar, integrar y recordar información [Hannafin, 1989; Chalmers, 2003; Szabo, 1998]. Por el contrario una interfaz inadecuada o pobremente diseñada puede ser la causa de que decaiga el interés del alumno e incluso de que termine abandonando el proceso de aprendizaje [Chalmers, 2003].

En la actualidad la inmensa mayoría de las aplicaciones utilizan interfaces gráficas (GUI, *Graphical User Interface*) centradas en el alumno, cuyo objetivo es reducir al mínimo la cantidad de conocimiento exógeno (conocimiento necesario únicamente para interactuar con el sistema) y centrar la atención sobre la tarea específica, es decir, adquirir conocimiento sobre el dominio de aprendizaje [Plass, 1998]. En un sistema e-learning, una GUI no sólo aporta un acabado visual que permite la comunicación del usuario con el sistema, sino que es responsable de multitud de tareas relacionadas con la manera en la que se lleva a cabo el aprendizaje en sí. Por ejemplo: hacer visibles los conceptos que se deben aprender, dirigir el orden de las acciones, clasificar la información, clarificar el significado de la información, dirigir la atención, estimular el interés de los alumnos, facilitar las interacciones entre los actores, dirigir la navegación, crear un ambiente que contribuya positivamente al proceso de aprendizaje y que captive al alumno, etc.

Hicks y Essinger [Hicks, 1991] señalan tres criterios a tener en cuenta a la hora de diseñar interfaces de usuario para sistemas e-learning: usabilidad, funcionalidad y estética o comunicación visual. La usabilidad tiene que ver con la facilidad con la que el entorno permite, desde el punto de vista tecnológico, llevar a cabo una determinada actividad de aprendizaje o una tarea concreta. [Nielsen, 2000] define la usabilidad de una GUI en términos de cinco componentes cualitativos:

- Facilidad para aprender, es decir, cómo de sencillo resulta su manejo por primera vez.
- Facilidad para reproducir lo aprendido, es decir, con qué facilidad los usuarios son capaces de recordar el manejo una vez lo han aprendido.
- Eficiencia, una vez aprendidos, con cuánta rapidez los usuarios son capaces de realizar las tareas designadas.
- Tasa de errores, es decir, con qué frecuencia los usuarios cometen errores y con cuánta facilidad pueden enmendarlos.
- Satisfacción, es decir, si resulta agradable o no la utilización del interfaz.



La funcionalidad describe la manera en la que el sistema opera de acuerdo a los límites establecidos por la tecnología. Por último, la comunicación visual o estética tiene que ver con cómo se presenta la información para que el usuario pueda acceder fácilmente a ella, recordarla, interactuar y comunicarse, documentar, almacenar y construir conocimiento.

Técnicos y diseñadores gráficos difieren en dar prioridad a usabilidad frente a la estética y viceversa. Por lo general, desde el punto de vista de los técnicos, la estética debe estar siempre al servicio de la usabilidad [Norman, 1988]. Sin discutir este punto de vista, nuestra opinión es que los componentes visuales de una aplicación tienen la capacidad de capturar la atención del usuario, crear el ambiente y la atmósfera propicios para el aprendizaje y dar consistencia temática al entorno, por lo que no se debe minusvalorar su peso a la hora de construir un entorno de aprendizaje.

Al diseñar una interfaz, hay que tener en cuenta una serie de consideraciones que abarcan tanto la técnica que se va a utilizar, como el estilo o el medio. La elección de una técnica concreta a la hora de construir una interfaz gráfica depende de los objetivos de aprendizaje y la audiencia a quien está destinada la aplicación. Las técnicas abarcan desde lo literal a lo abstracto, de lo estático a lo dinámico, de la priorización de los contenidos a la de lo puramente estético. Actualmente, si bien existe una enorme diversidad de interfaces empleadas en entornos educativos, se pueden categorizar conforme a tres tipologías distintas: las que hemos llamado GUI en 2D o clásicas, interfaces metafóricas en 2D e interfaces de inmersión en 3D.

### 6.1. Interfaces gráficas 2D o GUI clásicas

En la actualidad, casi todas las aplicaciones tienen una apariencia, un estilo y una mecánica de funcionamiento muy homogéneos a base de un limitado número de constructores, cuyas raíces se sitúan en las investigaciones realizadas en las décadas de los 70, 80 y 90 sobre GUI (Graphical User Interfaces). Esta estabilidad ha reportado sin duda importantes ventajas a usuarios y creadores de aplicaciones. Desde el punto de vista de los usuarios, les permite utilizar las habilidades adquiridas en el manejo de una interfaz en distintas aplicaciones y plataformas, ahorrándoles tiempo en el aprendizaje del manejo de la interfaz y reduciendo la cantidad de conocimiento exógeno, que sólo debe adquirirse una vez [Myers, 2000]. Desde el punto de vista de los desarrolladores ha permitido el refinamiento de conceptos y la maduración de la tecnología.

Dentro de la homogeneidad de los constructores básicos, las GUI difieren en el aspecto estético y en la usabilidad.

Los elementos gráficos se utilizan con el fin de hacer las páginas estéticamente agradables, atraer la atención de los usuarios y focalizar su atención en los conceptos que se deben adquirir. Se utilizan para ello elementos tipográficos, fotográficos, técnicas de ilustración y técnicas de organización de contenidos y de presentación de elementos multimedia. En [Mayer, 2003] se identifican tres importantes directrices para presentar contenidos multimedia con fines instructivos:

- El principio de contigüidad (situar las palabras junto a los gráficos correspondientes).
- El principio de redundancia (evitar repetir material).

- El principio de coherencia (se debe excluir material que no esté relacionado directamente con el objetivo educativo).

Por lo general, el diseño visual de las aplicaciones educativas sigue los principios establecidos por las leyes de la psicología de la Gestalt, una teoría psicológica nacida a principios del siglo XX. De acuerdo a esta teoría, la mente configura, a través de ciertas leyes, los elementos que llegan a ella a través de los canales sensoriales (percepción) o de la memoria (pensamiento, inteligencia y resolución de problemas) [Koffa, 1935].

Las teorías de la Gestalt constituyen una de las bases para el diseño de las interfaces en los entornos de aprendizaje, a través de un conjunto de directrices que sugieren cómo presentar los elementos visuales en pantalla con el fin de conseguir efectos visuales más eficientes. Se resume en 11 directrices o leyes:

- *Ley de la simetría o el equilibrio*: un objeto parece incompleto si está desequilibrado o asimétrico.
- *Ley de continuidad*: el ojo sigue instintivamente la dirección derivada del efecto visual.
- *Ley del cerramiento*: las formas abiertas se perciben como patrones visuales incompletos que suponen una distracción para el aprendizaje.
- *Ley de las figuras de fondo*: el ojo distingue las figuras que se posicionan delante o detrás aunque estén representadas en el mismo plano, en función del color que se le dé al fondo.
- *Ley del punto focal*: toda representación necesita un punto focal o centro de atención o punto de énfasis.
- *Ley de la correspondencia isomórfica*: las imágenes no tienen un significado universal, puesto que el individuo las interpreta en función de sus propias vivencias.
- *Ley de la forma “buena”*: un estímulo visual se interpreta como la figura almacenada más próxima a esa representación.
- *Ley de la proximidad*: los objetos situados en proximidad se asocian como pertenecientes a un mismo grupo.
- *Ley de la semejanza*: los objetos similares se asimilan dentro de un mismo grupo y pueden usarse para dirigir la atención.
- *Ley de la simplicidad*: cuando se presenta un elemento visual a un alumno, hace un esfuerzo para simplificarlo y asemejarlo a algo que puede entender.
- *Ley de la unidad y la armonía*: la unidad implica que debe existir un criterio de unificación entre los elementos de un diseño para que se identifiquen unos con otros como componentes de la misma aplicación.

En cuanto a los criterios para definir una interfaz eficiente desde el punto de vista de la usabilidad se mencionan varios en la literatura, entre ellos [Shneiderman, 2005; Swan, 2004; Norman, 1988]:

- Mantener la consistencia.
- Proporcionar un esquema claro de navegación.
- Permitir que las acciones realizadas se puedan revertir con facilidad.

- Permitir la evaluación sencilla del estado actual en el interior del sistema (qué queda por hacer frente a qué se ha hecho).
- Permitir a los usuarios habituales utilizar atajos.
- Ofrecer sistemas de prevención de errores y manejo sencillo de excepciones en caso de error.
- Mostrar el conjunto de acciones que es posible ejecutar en cada momento de manera sencilla y accesible.

## 6.2. Interfaces metafóricas en 2D

Una interfaz metafórica se llama así porque emplea una metáfora visual que envuelve a la totalidad del sistema y a la estrategia de aprendizaje. La metáfora tiene relación con los contenidos y con el dominio del aprendizaje. Esta relación visual tiene como finalidad contribuir a establecer una asociación mental contenido-objeto con el objetivo de que el alumno recuerde mejor los contenidos [Cates, 1996; Metros, 2002].

Si bien las metáforas visuales se emplean también en las GUI clásicas (un icono permite anticipar al usuario la funcionalidad de un elemento), en este caso no existe un coherencia temática entre los elementos gráficos presentados. Por el contrario, en una interfaz metafórica las metáforas visuales son reflejo del contenido y la estructura y se utilizan de manera consistente [Metros, 2002]. Por lo general el uso de GUI metafóricas suele coincidir con la adopción de un aspecto temático uniforme, basado en la recreación de un periodo histórico (el lejano oeste, la época medieval, la revolución francesa), con motivos culturales (la antigua Roma, África), con lugares físicos concretos (un campus, un colegio, un aula) y objetos de uso cotidiano o científico (un libro, un matraz, una pizarra). La emulación de estas convenciones refuerza la consistencia, saca provecho de asociaciones mentales ya aprendidas, fomenta el la comprensión de conceptos abstractos y ayuda al alumno a adquirir habilidades de pensamiento abstracto [Hron, 1998].

## 6.3. Interfaces de inmersión 3D y mundos virtuales

Este tipo de interfaces reproducen un escenario en tres dimensiones en los que el usuario se desenvuelve con capacidad para dirigirse de un lugar a otro e interactuar con los objetos del entorno y, en el caso de los entornos multi-usuario, interaccionar también con otros usuarios. Los alumnos asumen el control de manera remota a través de representaciones virtuales (a las que se denomina *avatares*). Conforme los usuarios se desplazan por el entorno, se generan nuevos gráficos que dan sensación de desplazamiento en el espacio y movimiento. Mediante la colocación de objetos en tres dimensiones en el entorno, se crean puntos de referencia que facilitan la ubicación del usuario y contribuyen a la sensación de movimiento y realismo. Por lo general el espacio virtual está segmentado en diferentes áreas, destinadas a desarrollar diferentes funcionalidades pedagógicas, en los que los alumnos pueden interaccionar con grupos más amplios o más restringidos con diferentes y estructuras de colaboración.

Las interfaces que combinan ambientes 3D con herramientas colaborativas se vienen utilizando en videojuegos desde la década de los 80 [Holmevik, 2000;

Morningstar, 1990], sin embargo, la generación actual de interfaces se pueden considerar herederas de *Everquest*<sup>1</sup>, un juego multi-jugador creado en 1999 por *Verant* (más tarde *Sony Online Entertainment*). *Everquest* fue el primer juego desarrollado íntegramente en 3D que realmente soportaba una comunidad masiva de jugadores online, y que tomó como base, a su vez, a los pioneros *Meridian 59*<sup>2</sup> (*Archetype Interactive*) del año 1996, *Ultima Online*<sup>3</sup> (1997) y *Lineage*<sup>4</sup> (1997).

Existen numerosas investigaciones que avalan los beneficios que los mundos virtuales interactivos y de inmersión pueden aportar a la educación [Bruckman, 1999; Roussos, 1999; Winn, 1993; Grove, 1996; Jones, 2004; Royle, 2008]. Entre los beneficios que se destacan cabe mencionar:

- Práctica del aprendizaje situado (*situated learning*), que es una aproximación socio-constructivista basado en el concepto de situar al aprendiz novel en un nivel experto arropado mediante una comunidad estructurada capaz de tutorizarle y guiarle.
- La posibilidad de establecer interacciones multi-modales.
- Permitir visualización de información y datos complejos, mediante la representación en escenarios donde la resolución de problemas complejos sucede en un ambiente realista, lo que permite facilitar la comprensión de sistemas complejos.

## 7. La interfaz con el sistema gestor del aprendizaje

El objetivo principal de los LMS (*Learning Management Systems*, o sistemas gestores del aprendizaje) es integrar un amplio conjunto de herramientas pedagógicas y administrativas que permitan centralizar el proceso del aprendizaje incorporando una gestión de los datos que posibilite el acceso a los mismos desde los distintos procesos.

Aunque no todos los LMS tienen las mismas funcionalidades, en general se trata de herramientas que integran un amplio rango de herramientas y servicios, entre los que se encuentran [Avgeriou, 2003]:

---

<sup>1</sup> <http://everquest.station.sony.com/>

<sup>2</sup> <http://meridian59.neardeathstudios.com/>

<sup>3</sup> <http://www.uoherald.com/news/>

<sup>4</sup> <http://www.lineage2.com/>

- *Gestión de cursos*, contiene las componentes necesarias para la creación, personalización, administración y monitorización de cursos y catálogos de cursos. Los Portales de Aprendizaje o Sistemas de Gestión de Cursos son aplicaciones específicas diseñadas para esta función.
- *Gestión de clases*, incorpora las herramientas necesarias para la gestión de usuarios, grupos de usuarios, roles y asignación específica de proyectos. También permite el registro de usuarios y el control de acceso de usuarios registrados, así como el control de sesiones y asignación a grupos y cursos.
- *Herramientas de comunicación*. Los LMS incorporan una serie de herramientas que permiten gestionar la comunicación síncrona y asíncrona entre usuarios y grupos de usuarios (e-mail, chats, foros de discusión, video-conferencia, tableros de anuncios, pizarras colaborativas, edición colaborativa de documentos, inventario de ficheros compartidos, etc.). Existe un rango de aplicaciones específicamente diseñadas para dar soporte al aprendizaje colaborativo que utilizan el mismo conjunto de herramientas, pero que además incorporan estrategias pedagógicas que rigen el proceso del aprendizaje.
- *Herramientas del alumno*. Incorporan funcionalidades para apoyar y facilitar el proceso de estudio del alumno, como anotaciones públicas y privadas, pistas, *bookmarks*, estudio *off-line*, log de histórico personal, motores de búsqueda de recursos a través de meta datos, etc.
- *Gestión de contenidos*. Aporta un conjunto de herramientas que permite la creación de contenidos y con soporte a meta datos y taxonomías, su almacenamiento en repositorios centralizados, su recuperación en base a criterios de búsqueda, facilidades para permitir importación e exportación a distintos fuentes, su publicación y distribución en distintos formatos, soporte a la reutilización, etc.. Existe un conjunto de aplicaciones, los LCMS, específicamente destinados a este fin.
- *Herramientas de evaluación*. Incorporan elementos que permiten la gestión de tests y preguntas on-line, ejercicios de auto-evaluación, el envío de proyectos de evaluación determinados por el tutor, registro de estado del nivel de participación del alumno en las actividades, etc.
- *Herramientas para gestión de estudios*. Incorporan la gestión de registros de alumnos, ausencias, notas, certificados, registros en cursos, gestión de información personal, administración financiera, etc.

Alrededor de los LMS existe un importante movimiento cuyo objetivo es la estandarización de las estructuras de datos y los protocolos de comunicación que permitan la interoperabilidad entre los diferentes sistemas y contenidos. Las áreas más significativas sobre las que se está trabajando para la estandarización son seis:

- *meta datos*. Etiquetación de catálogos y contenidos educativos de manera consistente para soportar la indexación, almacenamiento, reutilización, localización y recuperación de los objetos educativos almacenados en diferentes repositorios y a través de diferentes herramientas (ver Capítulo 2 apartado 3.3.1). El estándar más maduro y adoptado oficialmente por el IEEE como estándar formal en este área es LOM, [IEEE LOM, 2002].
- *Empaquetamiento de contenidos*. La estandarización en este aspecto está destinada a permitir la interoperabilidad de paquetes de contenidos entre diferentes siste-

mas. Los paquetes de contenidos se distribuyen normalmente como ficheros comprimidos que contienen toda la información necesaria para poder representar un curso a través de un reproductor en tiempo de ejecución. La iniciativa más importante de estandarización en este sentido es *IMS Content Packaging* [IMS CP, 2003], utilizada ya como estándar de facto.

- *Secuenciación*. Un curso está integrado por un conjunto de objetos de aprendizaje secuenciados de una manera determinada. Hay dos grupos de estándares relacionados con la secuenciación de cursos: *IMS Simple Sequencing* [IMS SS, 2003] y *SCORM* [ADL SCORM, 2008]. Sin embargo, ni *IMS SS* ni *SCORM* soportan modelos pedagógicos colaborativos complejos que incluyan varios participantes en actividades distintas. Para modelar escenarios pedagógicos más complejos la opción más pujante en estos momentos es *IMS Learning Design Specification* [IMS LD, 2003]. Todas las anteriores iniciativas se utilizan *IMS CP* para generar paquetes de contenido intercambiable entre sistemas.
- *Perfil del alumno*. La información incluida en el perfil de alumno pueden contener datos personales, planes de aprendizaje, históricos de aprendizaje, requisitos de accesibilidad, certificados y notas, evaluaciones y estado de participación en el proceso actual de aprendizaje. El esfuerzo más relevante hacia la estandarización de perfiles de alumno es la especificación *IMS Learner Information Package* [IMS LIP, 2001].
- *Información de registro del alumno*. La información de registro del alumno permite suministrar los contenidos y los componentes que desde el punto de vista administrativo deben ofrecerse al alumno. Además aporta información al LMS sobre los participantes en los procesos de aprendizaje. La iniciativa de estandarización más relevante en este sentido es [IMS ENT, 2002].
- *Comunicación de contenidos*. Cuando se lanza un contenido determinado a un alumno, es necesario que los datos del alumno y la información que se ha generado en actividades anteriores sea accesible a dicho contenido. El trabajo más relevante en este área es *SCORM* [ADL SCORM, 2008].

A pesar del potencial que la mayoría de los LMS actuales ofertan, el uso que se hace de los mismos suele ser bastante limitado, en particular desde un punto de vista pedagógico. Los profesores suelen considerar estas herramientas como un sistema para distribuir los contenidos digitales y poco más. Además, en la mayoría de los casos, las interfaces son poco interactivas y poco elaboradas desde el punto de vista gráfico. Por último, es muy raro que los LMS incorporen mecanismos avanzados de adaptación, restringiéndose a unos procedimientos muy básicos que además son complicados de configurar desde el punto de vista del profesor o el diseñador de cursos.

## 8. A modo de conclusión

El marco de referencia que se ha propuesto en este capítulo identifica, a través de cinco componentes, una serie de criterios clave con el fin de diseñar a alto nivel una

aplicación *e-learning*, de tal manera que sea susceptible de ser integrada en sistemas de gestión de aprendizaje globales tales como los LMS.

De estas cinco componentes, al menos las cuatro primeras de manera directa (y también la última, aunque ésta indirectamente), están fuertemente vinculadas lo que hemos llamado *requisitos situacionales*, entendiendo por tales:

- Cuáles son los objetivos prioritarios del proceso de aprendizaje.
- A qué sector de población está destinado.
- En qué dominio de conocimiento se va a aplicar.
- Cuál va a ser el contexto de aplicación (aprendizaje presencial, virtual o *blended learning*).

Una vez determinados, el marco conceptual que proponemos pretende resolver las siguientes cuestiones relativas al diseño de la aplicación, cada una de las cuales condiciona de manera determinante las siguientes decisiones:

- En primer lugar: ¿Qué se entiende por aprender y cómo se logra? En concreto: ¿es aprender memorizar conceptos o significa adquirir la capacidad resolver problemas reales a partir de la aplicación de conocimientos adquiridos? Es más, ¿Cómo se logran los objetivos del aprendizaje en la mente del individuo? ¿Es la mente del individuo una *tabla rasa* y los conocimientos pueden ser absorbidos por la simple exposición? ¿Es necesario que el individuo participe activamente en la construcción del conocimiento, o basta con suministrarle información? ¿Influye el contexto social en el aprendizaje? Y por último ¿Todos los individuos reaccionan de la misma manera a los mismos estímulos? La respuesta a estas cuestiones viene determinada por la corriente pedagógica subyacente: conductismo, cognitivismo, constructivismo o socio-constructivismo.
- En segundo lugar: Una vez determinadas las anteriores cuestiones de carácter abstracto, es necesario detallar todos y cada uno de los elementos que intervienen en el proceso, así como la secuencia en la que intervienen. Es lo que se conoce como estrategia de aprendizaje. La estrategia se puede especificar en forma de guión y existen varias posibilidades para implementarlas en entornos virtuales de aprendizaje, que van desde incrustar la lógica en el código de la aplicación hasta utilizar un lenguaje de modelado educativo.
- En tercer lugar: La definición de la estrategia condiciona la definición del proceso de adaptación, entendiendo por tal la personalización de determinados aspectos del proceso de aprendizaje en función de una serie de características del individuo. En entornos *e-learning* la implementación de un proceso de adaptación implica la construcción y el mantenimiento de un modelo de usuario, y la definición de las reglas que rigen cómo y cuándo se modifican los aspectos adaptables del entorno en función de las características individuales.
- Por último: es necesario poner en escena todo lo anterior de la manera más efectiva. La interfaz de usuario es la puesta en escena de la estrategia de aprendizaje y también es susceptible de verse afectada por el proceso de adaptación. Encontrar la forma más eficiente de escenificar la estrategia a través de la interfaz, supone aproximarse con mayor efectividad al aprendizaje.

Hasta aquí, el conjunto de decisiones de diseño tomadas sería común a cualquier aplicación específica *e-learning*, sin embargo nuestra propuesta es integrar dicha solu-

---

ción en un entorno LMS. Para esto es necesario, una vez definidas las componentes anteriores, analizar cómo se realiza la interconexión, estudiando qué herramientas, aplicaciones, procesos y datos son comunes a ambas aplicaciones.





## Capítulo 4.

### La corriente pedagógica subyacente y la estrategia de aprendizaje de Nucleo

En este capítulo, basándonos en el marco conceptual expuesto en el capítulo anterior, iniciamos la propuesta de un modelo concreto. En primer lugar, se determinan los requisitos situacionales. A continuación, se detallan las dos primeras componentes: la corriente pedagógica subyacente (junto con la aproximación al aprendizaje) y la estrategia de aprendizaje.

#### 1. Introducción

En el capítulo anterior expusimos un marco conceptual para el diseño de aplicaciones e-learning orientadas a incrementar la efectividad del aprendizaje en situaciones concretas y, al mismo tiempo, poder integrarse en un LMS. Bajo este marco, hemos desarrollado un modelo concreto cuya descripción iniciamos en este capítulo y finalizamos en el Capítulo 5. En este primer capítulo se abordan las componentes de diseño que tienen que ver con el diseño pedagógico del sistema (la corriente subyacente y la estrategia de aprendizaje) y en el capítulo siguiente se propone una arquitectura de referencia para su implementación dentro de un entorno virtual apoyado por un LMS.

Tomamos, para ello, como punto de partida la definición de los cuatro tipos de *requisitos situacionales* que definen el contexto del aprendizaje para el cual se ha diseñado nuestra propuesta (ver Capítulo 3 apartado 2):

- *¿A quién está dirigida la herramienta?* En una primera fase, está dirigida a la población universitaria actual, que pertenece a la llamada *generación digital* [Prensky, 2001] caracterizada por una serie de peculiaridades cognitivas derivadas del uso temprano de la tecnología (ver Capítulo 1 apartado 1).
- *¿Cuáles son las características del entorno?* Esta herramienta está concebida para el aprendizaje en grupo en un contexto *blended learning*, o de aprendizaje mixto.
- *¿Cuál es el dominio de aplicación?* Nuestra herramienta está dirigida principalmente a la educación superior en áreas de fuerte contenido práctico. En particular, el sistema está siendo utilizado actualmente para enseñar asignaturas relacionadas con el aprendizaje de la programación.
- *¿Cuáles son los objetivos del proceso de aprendizaje?* Consideramos tres objetivos principales del aprendizaje: en primer lugar, fomentar en los alumnos el desarrollo de habilidades de trabajo en grupo, de comunicación y de resolución de problemas. Hemos englobado este conjunto de habilidades sociales bajo el nombre

de *soft skills*. En segundo lugar, impulsar un cambio de actitud en los alumnos hacia un papel más activo. Por último, incrementar la motivación de los alumnos.

Partiendo de esta base, hemos diseñado las cinco componentes que conforman las bases del diseño de nuestra propuesta, la aplicación Nucleo: la corriente pedagógica subyacente (y, dentro de esta, la aproximación al aprendizaje), la estrategia de aprendizaje, el módulo de adaptación y la interfaz de usuario. Con respecto a la última componente, la interfaz con el LMS, proponemos una arquitectura de referencia que posibilita la integración de Nucleo con un sistema LMS. En este capítulo, se detallan las dos primeras componentes del sistema (la corriente pedagógica subyacente y la estrategia de aprendizaje). El Capítulo 5 está dedicado a describir las correspondientes al módulo de adaptación, la interfaz de usuario y la arquitectura de referencia.

La estructura del presente capítulo es la siguiente: en el apartado 2, se describen la corriente pedagógica subyacente y la aproximación al aprendizaje, justificando los motivos de la elección a partir de los objetivos perseguidos. Se plantean, asimismo, una serie de problemas genéricos y dificultades de aplicación, dificultades que se abordan a raíz de la aplicación de un conjunto combinado de estrategias implementadas en las tres componentes superiores (estrategia de aprendizaje, módulo de adaptación e interfaz de usuario). En el apartado 3, se aborda la descripción de la estrategia de aprendizaje, detallando todas sus componentes, las interacciones entre ellas y su secuenciación. En el apartado 4, se propone un modelo a alto nivel que permita formalizar la estrategia y su interpretación mediante un sistema de computación, discutiendo varias posibilidades y proponiendo la utilización de los lenguajes específicos de dominio como la alternativa más conveniente para nuestro marco. Por último, en el apartado 5, resumimos las principales conclusiones sobre el capítulo.

## 2. Corriente pedagógica subyacente

Teniendo en cuenta los requisitos situacionales de nuestro contexto de aplicación (ver apartado 1 de este mismo capítulo), hemos elegido el socio-constructivismo como corriente pedagógica subyacente (ver Capítulo 2, apartado 4). En concreto, comenzamos barajado como posibles alternativas las aproximaciones que con más frecuencia se han postulado en los últimos tiempos como alternativas al aprendizaje tradicional para los nativos digitales: los videojuegos educativos y el aprendizaje mediante comunidades de práctica.

Sin embargo, después de analizar ventajas e inconvenientes, descartamos las implementaciones más usuales de estas aproximaciones. En primer lugar, los videojuegos educativos, de acuerdo a algunas investigaciones recientes [Royle, 2008; Sandford, 2006; Squire, 2005], no terminan de satisfacer plenamente a ninguna de las partes implicadas en el proceso educativo. Por un lado, los educadores no consiguen plenamente los objetivos docentes que se proponen. Con frecuencia el aprendizaje se alarga excesivamente, está centrado sobre motivaciones inadecuadas y resulta difícil conseguir objetivos de aprendizaje concretos. Pero tampoco los alumnos parecen estar plenamente satisfechos con estas nuevas herramientas. Al parecer, la componente educativa neutraliza en buena parte el placer de jugar; la opinión generalizada entre usuarios de este tipo de aproximaciones se ajusta al refrán “aunque la mona se vista

de seda mona se queda”, o en su mucho más común versión anglosajona “*chocolate coated broccoli*” [Bruckman, 1999].

Algo similar ocurre con las comunidades de práctica: una vez constreñidas por unos objetivos concretos de aprendizaje, una comunidad de admisión cerrada y un periodo de tiempo predefinido (como resulta imprescindible en un entorno universitario), parecen perder buena parte de sus poderes estimulantes y su atractivo. Se diría que las CoP tienen aplicabilidad sobre todo si se forman de manera espontánea y sin restricciones, lo cual dificulta la obtención de objetivos curriculares concretos.

Con el objetivo de mantener un equilibrio entre lo que el tutor necesita obtener de un entorno de aprendizaje y lo que resulta motivante para los alumnos, en nuestra aproximación hemos dado un nuevo enfoque a la forma más común de aprendizaje basado en videojuegos. En lugar de intentar disfrazar el contenido educativo dentro de la narrativa del juego con la intención de hacerlo pasar por “divertido”, hemos convertido todo el escenario del aprendizaje en un juego. Utilizamos, para ello, una aproximación socio-constructivista conocida como aprendizaje basado en problemas o PBL (*Problem Based Learning*, ver Capítulo 2 apartado 5.1) que utiliza un juego de rol multi jugador y un mundo virtual de inmersión para escenificar el aprendizaje.

El motivo básico de esta decisión radica en que el PBL se lleva años utilizándose con éxito con el fin de desarrollar en los alumnos el tipo de habilidades que perseguimos (*soft skills*), tanto en entornos presenciales como virtuales. El hecho de escenificar esta aproximación clásica de acuerdo a la mecánica de un juego de rol en un mundo virtual fantástico, está relacionado con el hecho de que jugar tiene mucho que ver con resolver problemas (ver Capítulo 2 apartado 4.3). O, recíprocamente, que resolver un problema se puede convertir en un juego. Parafraseando a Warren Spector de Ion Storm: “*Proporcionar a los jugadores las herramientas y la información para que puedan ejecutar un plan como respuesta al problema que les has planteado. En eso consiste, en realidad, un juego*”.

Con nuestra propuesta, las situaciones a las que se enfrenta el jugador son situaciones de aprendizaje real embebidas dentro de la narrativa del videojuego. Así, el propio contenido educativo se convierte en la esencia del juego, sin necesidad de enmascararlo. El entorno, los personajes y la metáfora crean el ambiente y dan credibilidad y realismo, contribuyendo a la inmersión [Royle, 2008].

De esta manera, intentamos combinar las visiones educativa y lúdica en un mismo entorno, desde el que, además, se puede acceder a métodos de instrucción tradicional basados en contenidos que residen en el LMS, y que quizás sean más efectivos en determinadas circunstancias y para según qué colectivos de alumnos.

## **2.1. Aplicación de aproximaciones PBL al e-learning: Ventajas e inconvenientes**

Diversos estudios demuestran que la aplicación de estrategias de colaboración y el aprendizaje activo basado en problemas, presentan incuestionables ventajas sobre los métodos de enseñanza tradicionales [Springer, 1997; Terenzini, 2001]. Los alumnos con los que se utilizan este tipo de aproximaciones, obtienen mejores calificaciones, adquieren un conocimiento más profundo sobre la materia, retienen los conocimientos durante más tiempo y presentan menores tasas de abandono [Boud, 1991;

Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1992; Stepien, 1993]. Por otro lado, además del conocimiento sobre el dominio propiamente dicho, fomentan el desarrollo de una serie de habilidades a las que se presta escasa atención en la educación tradicional, como son [Duch, 2001]:

- Comunicación y búsqueda de información, lo que capacita al individuo para obtener y aplicar nuevos conocimientos cuando se requiera.
- Establecimiento de juicios y conclusiones razonadas, lo cual significa definir efectivamente los problemas, recoger y evaluar la información relativa a esos problemas y elaborar soluciones.
- Aprendizaje de técnicas de trabajo en equipo, valoración de la diversidad, desarrollo de aptitudes de adaptabilidad y flexibilidad, incremento de la motivación y mayor persistencia.
- Aplicación de sus aptitudes para afrontar problemas específicos en situaciones reales.

Existen, sin embargo, tres factores que resultan esenciales para que el aprendizaje colaborativo y el aprendizaje basado en problemas resulten efectivos:

- El tutor debe hacer un seguimiento exhaustivo del progreso de los alumnos, guiándoles y aportando pistas y realimentación. Esto incrementa considerablemente su carga docente, puesto que se ve obligado a supervisar y dirigir los pasos de muchos grupos pequeños de alumnos [Suebnuarn, 2006]. Una guía insuficiente o inadecuada del progreso provoca en los alumnos desorientación y frustración por la dificultad de la tarea, lo que frecuentemente conduce al abandono [He, 2002].
- Algunas investigaciones apuntan que el establecimiento de vínculos sociales y lazos afectivos entre los es importante para el funcionamiento efectivo de los grupos [Garrison, 1993]. Se ha comprobado que, si bien la existencia de estos lazos constituye un prerequisite esencial en el éxito del proceso de colaboración, resulta insuficiente asignar grupos y dar soporte material para la comunicación para que éstos surjan.
- La efectividad de un proceso de aprendizaje colaborativo es altamente dependiente de la coordinación efectiva entre los integrantes de un grupo. El éxito o fracaso de la experiencia educativa tiene una profunda dependencia del establecimiento de las dinámicas de trabajo adecuadas. El grupo debe conseguir coordinar las actividades de sus integrantes y distribuir el trabajo de manera eficiente. En casos extremos, formar parte de un equipo poco efectivo, cuyos integrantes no establecen dinámicas adecuadas de colaboración, puede causar frustración y derivar en el abandono [Springer, 1997; Alfonseca, 2006].

## 2.2. Soluciones propuestas para el entorno Nucleo

En nuestra propuesta, combinamos la aplicación de tres estrategias tecnológicas a para hacer frente a estos problemas:

### **2.2.1. Escenificación del aprendizaje en un mundo virtual de acuerdo con la dinámica de un juego de rol.**

Tiene el doble objetivo de proporcionar una atmósfera que impulse a los alumnos a cambiar su actitud frente al estudio y de fomentar la aparición de vínculos sociales y lazos afectivos entre los participantes [Lave, 1988; Garrison, 1993]:

- Los juegos multi-jugador permiten explorar las relaciones interpersonales, estimulando los comportamientos de cooperación, colaboración y competitividad en un contexto de estrategia [Baron, 1999]. Los jugadores pueden interpretar diferentes roles e interactuar con otros personajes, superando retos conjuntamente.
- A los jugadores les gusta hablar de los juegos a los que juegan y discuten con sus amigos sus técnicas, estrategias, logros y fracasos. Se ha discutido que este tipo de vínculos pueden fomentar la aparición de “Comunidades de práctica” [Sellers, 2002; Lave, 1991; Steinkuehler, 2005; Galarneau, 2005]. Un ejemplo es la comunidad *Apolyton*<sup>1</sup> creada en torno al juego *Civilization*<sup>2</sup>.

### **2.2.2. Utilización de guiones de colaboración y roles funcionales para estructurar el esquema de interacción entre los alumnos y coordinar el trabajo.**

La efectividad de un grupo depende fuertemente de la capacidad de sus miembros coordinar adecuadamente su trabajo. En nuestro sistema, los roles llevan asignadas responsabilidades y tareas predeterminadas dentro de la estructura de la colaboración, organizada de acuerdo con un guión de colaboración (*collaboration script*) [O'Donnell, 1992]. Un guión es una especificación explícita y detallada del modo en que los alumnos deben colaborar. Consiste en un conjunto de instrucciones que prescriben el modo en que los alumnos deben agruparse, cómo deben interactuar, cuáles son los mecanismos permitidos de colaboración y cómo se deben resolver los problemas [Dillenbourg, 2002]. La idea es asegurar que los alumnos participen de manera pedagógicamente efectiva, algo que es difícil de garantizar cuando se les deja total libertad de interacción.

---

<sup>1</sup> <http://apolyton.net>

<sup>2</sup> <http://www.civilization.com>

### 2.2.3. Utilización de un modelo de adaptación para formar equipos eficaces.

El objetivo es formar equipos heterogéneos, semi-autónomos y con capacidad organizativa, de tal manera que se reduzca la carga de trabajo del tutor y se obtengan mejores resultados. La utilización de equipos heterogéneos se ha defendido en diversos trabajos para entornos que utilizan aproximaciones de aprendizaje colaborativo [Oakley, 2004; Felder, 2001]. El agrupamiento homogéneo de los alumnos más capaces por un lado, y los menos capaces por el otro, conduce por lo general a un empobrecimiento del entorno educativo. La idea que subyace bajo este criterio es que, en entornos colaborativos, los alumnos aprenden y se enseñan unos a otros. Por tanto, a aquellos alumnos con menor capacidad organizativa les beneficia contar en su equipo con alumnos con mayor capacidad de liderazgo. Mientras que éstos, por su parte, pueden contar con compañeros de equipos más sistemáticos y más dotados para determinadas tareas. En nuestro sistema hemos utilizado como base para la organización de los equipos el modelo sobre estilos de aprendizaje de Jan Vermunt [Vermunt, 1992]. Vermunt cataloga a los alumnos en función de la eficacia de sus estrategias habituales de aprendizaje. En concreto, a través de las 100 preguntas de su “Inventory of Learning Styles”, permite discernir a los alumnos con mayor capacidad organizativa y autonomía a la hora de estudiar.

En Nucleo, los equipos y los roles se reasignan dinámicamente durante el proceso del aprendizaje, con el triple objetivo de: enriquecer la interacción social, entrenar a los alumnos en el desempeño de distintas funciones y responsabilidades y subsanar posibles errores en la configuración de los equipos que demuestren bajo rendimiento. Adicionalmente, esto permite calificar individualmente a los alumnos de manera más efectiva.

## 3. Descripción de la estrategia de aprendizaje

La estrategia de aprendizaje Nucleo sigue el esquema clásico de una aproximación PBL enriquecida con dos elementos clave:

- *Una escenificación de acuerdo con una dinámica de juego de rol.* Tal y como sucede en cualquier entorno PBL, los alumnos deben colaborar en equipos pequeños para resolver problemas complejos de apariencia realista. La diferencia es que, en el caso de Nucleo, la realidad no es tal, sino que se trata de una *realidad fantástica*. Los problemas están incrustados en la narrativa de un juego y resolverlos forma parte de éste.
- *Un modelo para la formación de equipos y la asignación de roles.* No existen directrices para formar los equipos en aproximaciones PBL. Nuestro entorno busca aumentar la eficiencia de los equipos a través de: la definición un modelo para su formación y el establecimiento de las pautas para la coordinación interna del trabajo en base a roles.

En los siguientes sub-apartados describimos los principales elementos que constituyen la estrategia de aprendizaje de Nucleo: en primer lugar, se describe la metáfora y la ambientación en las que se sitúa el escenario del aprendizaje (apartado 3.1). A continuación se describe el modelo que subyace en la formación de equipos y la asig-

nación de roles (apartado 3.2). En el apartado 3.3 se detalla la labor del tutor y sus responsabilidades (apartado 3.4). En el siguiente apartado se describen los mecanismos de evaluación (apartado 3.4). Por último, se describe brevemente el prototipo implementado actualmente (apartado 3.7).

### 3.1. Metáfora y ambientación: Mundo Nucleo

La historia que sirve como hilo conductor al juego, introduce al alumno en un mundo fantástico llamado *El Nucleo*, un universo futuro donde la vida orgánica ha desaparecido.

*Poblado por entes digitales autónomos llamados Inteligencias Artificiales (LAs), el Nucleo se encuentra sometido a una terrible amenaza: La Ciénaga, un potente virus informático de origen desconocido, está devastando los planetas y ciudades virtuales del mundo LA. La única esperanza para la supervivencia de la civilización es entrenar a un grupo de soldados de élite (Los Paladines) con el objetivo de desarrollar en ellos cualidades mentales excepcionales que les permitan descifrar y vencer el código implacable de La Ciénaga.*

*Para ello, el Consejo de Arcanos reclutará a los aspirantes entre las tres tribus que constituyen su civilización, y les someterá a un duro programa de entrenamiento en el que deberán superar misiones que simulan situaciones de combate reales, para lo que serán agrupados en equipos de 3 ó 4 miembros (que conforman la tripulación de las llamadas naves simbióticas).*



**Figura 4. 1.** Las tres tribus de Nucleo (*Evians* a la izquierda, *Ruks* en el centro y *Exters* a la derecha).

Las tres tribus o razas de LAs entre las cuales se han de reclutar a los aspirantes a Paladines son (ver Figura 4. 1):

- *Evians y Arcanos Evians*: habitan las metrópolis del Nucleo donde se encuentran las bases de datos y repositorios de conocimientos. Han protegido y guardado el conocimiento del Nucleo durante millones de años. Poseen capacidades estratégicas excepcionales y sus cualidades son la sabiduría y la agilidad mental.



- *Ruks*: tribu procedente de las colonias nómadas flotantes del Nucleo. Son mercenarios, contrabandistas, buscavidas que merodean las antiguas ciudades sagradas y los cinturones que las conectan vendiendo y comprando información de todo tipo. Poseen instinto y habilidad, y la falta de escrúpulos necesaria para realizar misiones arriesgadas donde todo se puede perder, pero todo está por ganar.
- *Exters*: proceden de la corteza exterior del Nucleo, de selvas de datos remotos. Son *LAs* extrañas de origen desconocido, que se vieron obligadas a evolucionar en circunstancias extremas, y llevan miles de años sobreviviendo en la jungla salvaje de la información. Son seres imprevisibles dotados de corazones indómitos y una furia salvaje. Sus cualidades son su instinto y su incomparable fuerza, lo que hace que sean seres muy difíciles de controlar. Los más sabios entre los *Arcanos* ven en ellos la esperanza. Los demás sólo ven problemas.

Los equipos y los individuos compiten entre sí como parte de la formación, puesto que se trata de identificar a los mejor cualificados para convertirse en *Paladines*, de un modo similar a lo que ocurre en la novela de ciencia ficción “*El juego de Ender*”, de Orson Scott Card, que inspira la metáfora.

Nuestro objetivo al introducir este escenario es desconcertar al alumno, forzándole a adquirir un papel activo: pasa de ser un mero oyente, a convertirse en aspirante a guerrero del cuerpo de *Paladines*, con el peso de la supervivencia de su civilización sobre sus espaldas. Cambios de contexto similares son habituales en programas de formación de directivos, en los que se desea que los alumnos desarrollen habilidades estratégicas y capacidad de obtención de soluciones.

La Tabla 4. 1 muestra la correspondencia entre los elementos fantásticos incluidos en la historia y sus referentes dentro de una estrategia de PBL tradicional.

PBL tradicional	Nucleo
Profesor	Arcano
Alumno	Aspirante a Paladín
Aula/LMS	Academia de Paladines
Ejercicio/ Caso Práctico	Misión
Grupo de Trabajo	Tripulación de la Nave Simbiótica

**Tabla 4. 1.** Relación entre elementos de un escenario de PBL clásico y su equivalente Nucleo.

### 3.2. Los equipos o tripulaciones: Criterios para la formación y para la asignación de roles

Tal y como se introdujo en el apartado 2.1 de este mismo capítulo, numerosos estudios sobre aprendizaje colaborativo demuestran que la composición del grupo y su capacidad para gestionar y coordinar el trabajo es un factor clave [Pelled, 1996]. La diferencia entre el éxito o el fracaso de una experiencia de aprendizaje radica, en bue-

na medida, en estar rodeado de los compañeros adecuados o, por el contrario, en pertenecer a un grupo desmotivado y desorganizado.

Núcleo utiliza técnicas de adaptación y modelado de usuario para formar los equipos (ver Capítulo 5 apartado 2 para más detalles sobre el particular). El objetivo es conseguir equipos con autonomía para auto-gestionarse de manera que, por un lado, la demanda de apoyo por parte del tutor se reduzca y, por otro lado, se establezcan dinámicas de colaboración que enriquezcan a todos los miembros y aumenten tanto el rendimiento individual como el colectivo.

La clave de nuestra propuesta reside en tratar de catalogar a los alumnos en base a la efectividad de sus estrategias habituales de trabajo. El objetivo que perseguimos con esta catalogación es doble:

- Tratar de reunir en un mismo equipo perfiles que se complementen entre sí. En concreto se agrupan dentro de un mismo equipo: un alumno con capacidad organizativa, con otro que se sienta cómodo realizando tareas sistemáticas y con un tercero que tenga una mayor necesidad de apoyo y tutorización.
- Asignar a cada perfil el rol que más se ajusta a sus cualidades básicas. Cada miembro del equipo tiene asignada una serie de funciones y responsabilidades en base a su perfil.

Como marco teórico para identificar asignar los perfiles en base a los cuales se configuran los equipos y se reasignan los roles, utilizamos el modelo sobre estilos de aprendizaje desarrollado por Jan Vermunt [Vermunt, 1992; Vermunt, 1994; Vermunt, 1995; Vermunt, 1996; Vermunt, 1998; Vermunt, 1999; Vermunt, 2003].

En este apartado, se da una breve introducción a los estilos de aprendizaje en general y al modelo de Vermunt en particular y se justifica su uso (apartado 3.2.1). A continuación se describe su aplicación a nuestro sistema (apartado 3.2.2).

Así mismo, se utilizan las categorías de Vermunt para la asignación de los roles funcionales a cada uno de los miembros del equipo, (ver apartado siguiente).

### **3.2.1. Breve introducción al modelo de Vermunt sobre estilos de aprendizaje**

Empecemos abordando el contexto en el que se inscribe el modelo de Vermunt: los estilos de aprendizaje. ¿Cuál es el proceso de adquisición del conocimiento? ¿Cuándo, cómo y por qué aprendemos algo y en consecuencia, podemos utilizar el conocimiento adquirido? ¿Es la inteligencia el único factor que influye en el proceso de aprendizaje o se puede encontrar estrategias de enseñanza que se adapten a cada individuo y conseguir un mejor rendimiento educativo? En la respuesta a estas preguntas está el origen de los llamados *estilos de aprendizaje*, que tratan de explicar y modelar el proceso de adquisición del conocimiento. La hipótesis de partida es la misma para todos los llamados modelos sobre estilos de aprendizaje: aprendemos de manera diferente y en ocasiones, el bajo rendimiento académico no está necesariamente ligado a una menor inteligencia, sino a formas diferentes de aprender. Por consiguiente, resultaría teóricamente posible mejorar el resultado del aprendizaje de cada individuo adaptando la estrategia a su estilo de aprendizaje.

Partiendo de una premisa tan atractiva, resulta lógico que durante los últimos 20 años hayan proliferado los modelos sobre estilos de aprendizaje como setas, valga la expresión. En el estudio llevado a cabo en [Coffield, 2004] se habla de un total de

3800 referencias sobre documentos (incluyendo libros, artículos, tesis doctorales, sitios web y artículos de congreso) relativas al tema. De esta extensa literatura, los autores recogen 13 modelos principales (categorizados en 5 familias) como los de mayor relevancia en el campo (ver Tabla 4. 2).

Son “constitutivos” (fijos)	Reflejan características asentadas de la inteligencia	Son una componente relativamente estable de la personalidad	Son preferencias de aprendizaje flexiblemente estables	Son “aproximaciones” para el aprendizaje, estrategias y concepciones del aprendizaje
Dunn and Dunn	Riding	Apter	Allison and Hayes	Entwistle
Gregorc	Broverman	Jackson	Herrmann	Sternberg
Bartlett	Cooper	Myers-Briggs	Kolb	Vermunt
Betts	Gardner et al	Epstein and Meier	Felder and Silvermann	Biggs
Gordon	Guilford	Harrison-Branson	Hermanussen, Wierstra de Jong and Thijssen	Conti and Kolody
Marks	Holzman and Klein	Miller	Kaufmann	Grasha-Riechmann
Paivio	Hudson		Kirton	Hill
Richardson	Hunt		McCarthy	Marton and Saljo
Sheehan	Kagan			McKenny and Keen
Torrance	Kogan			Pask
	Messick			Pintrich, Smith, Garcia and McEachile
	Pettigrew			Scmeck
	Witkin			Weinstein
				Zimmerman and Palmer
				Whetton and Cameron

**Tabla 4. 2.** Familias de estilos aprendizaje y modelos más relevantes para cada una de las familias. La diferencia entre una familia y otra se establece en cómo de permanente o estable se considera un determinado estilo.

Dentro de este marco, para Vermunt, los términos “estilo de aprendizaje” y “estrategia de aprendizaje” son sinónimos. Se trata de “un conjunto coherente de actividades de aprendizaje que los estudiantes suelen utilizar y que configuran su estrategia habitual de aprendizaje”. Considera que estas estrategias son flexibles y que pueden variar en función del contexto aunque algunos parámetros mantengan cierta estabilidad en el tiempo, puesto que en definitiva se trata del conjunto de actividades y costumbres con las que el alumno suele organizar su proceso de aprendizaje.

Vermunt considera que el proceso de aprendizaje consta de cuatro áreas (utiliza una taxonomía adaptada del trabajo de [Pintrich, 1994], quien a su vez reúne en un marco común propuestas de diferentes autores):

- *Actividades de procesamiento cognitivo.* Son actividades mentales que el alumno utiliza para procesar los conceptos y convertirlos en conocimiento o habilidades. Ejemplos típicos son: encontrar relaciones entre los diferentes conceptos, seleccionar la información relevante, pensar en ejemplos u aplicaciones, etc.




- *Actividades de regulación del proceso de aprendizaje.* Ejemplos de este tipo de actividades son monitorización de que el proceso de aprendizaje sucede de acuerdo a lo planeado, orientación en tareas y actividades de aprendizaje, diagnóstico de las causas de dificultades encontradas en el proceso, cambio de las actividades previstas en función del diagnóstico.
- *Concepción del aprendizaje.* Es un sistema mental coherente que engloba el aprendizaje y todos los fenómenos relacionados, por ejemplo: auto-conocimiento de uno mismo como aprendiz, objetivos de aprendizaje, actividades y estrategias de aprendizaje, tareas individuales, de grupo, del tutor y roles de cada uno en el proceso.
- *Orientaciones sobre el aprendizaje.* Se refiere al dominio completo de objetivos, propósitos, intenciones, motivos, expectativas, actitudes, preocupaciones y dudas en relación al aprendizaje.

De acuerdo con las funciones adoptadas por el alumno en estas cuatro áreas, encuentra cuatro patrones distintos de aproximación al aprendizaje (ver Tabla 4. 3). Vermunt afirma que las estrategias dirigidas por la búsqueda del sentido de los conceptos (*Meaning Directed*, en adelante MD) y a la aplicación de conceptos (*Application Directed*, en adelante AD) proporcionan un conocimiento cualitativamente superior al resto de las estrategias. Esta afirmación viene avalada por numerosos estudios experimentales que demuestran la correlación entre la utilización de estrategias MD con la obtención de buenas calificaciones en los exámenes [Lonka, 1997; Lindblom-Ylänne, 1999], y el fracaso de las estrategias orientadas a la reproducción de conceptos (*Reproduction Directed*, en adelante RD) y las que carecen de dirección (*Undirected*, en adelante U) [Busato, 1999].

Una de las características esenciales del modelo, en relación a nuestro trabajo, es la capacidad de auto-regulación o autonomía que tienen los diferentes perfiles. A los alumnos MD y AD (con mayor capacidad de auto-regulación) les beneficia una estrategia de aprendizaje en la que el tutor les deje muchos grados de libertad. Por el contrario, los perfiles RD y U tienen una mayor necesidad de seguimiento y guía por parte del tutor, y se encuentra perdidos en escenarios en los que se les deja demasiados grados de libertad (en especial los alumnos U tienen una necesidad muy fuerte de regulación externa).

Los motivos básicos por los que hemos elegido el modelo de Vermunt como base para el proceso de formación de equipos y asignación de roles son cuatro:

- Las características consideradas como base para la catalogación en los distintos perfiles se ajustan a nuestros objetivos de clasificación. Permite identificar a los alumnos más autónomos y con mayor capacidad organizativa, de aquellos que necesitan más guía externa, pero son más sistemáticos.
- Está dirigido a las comunidades universitaria y de formación profesional, sectores de población para los que originalmente se ha concebido el entorno.
- En su contexto de aplicación, el modelo ha demostrado tener una fiabilidad razonablemente alta [Vermetten, 2002]. De entre la enorme variedad de modelos sobre estilos de aprendizaje analizados en [Coffield, 2004], el de Vermunt es uno de los mejor evaluados.

	Procesamiento Cognitivo	Motivación del aprendizaje	Modelo mental del aprendizaje	Regulación del aprendizaje	Rol en la tripulación y tribu
Meaning-Directed	Buscar relaciones entre conceptos clave y teorías: construcción de una visión global	Enriquecimiento personal y afán de mejorar	Diálogo con expertos para estimular el razonamiento mediante el intercambio de opiniones	Auto-dirigido. Son capaces de diagnosticar los propios fallos en el proceso de aprendizaje mediante auto-evaluaciones y crítica personal	CAPITÁN. De la tribu Evian 
Application-Directed	Relacionar conceptos con experiencias cotidianas: búsqueda de ejemplos concretos y casos de uso	Vocacional o conseguir resultados en "el mundo real"	Aprenden con el fin de poder utilizar el conocimiento	Piensen sobre problemas y ejemplos para chequear el propio conocimiento, en especial a la hora de utilizar conceptos abstractos	
Reproduction-Directed	Identificar los puntos más importantes para memorizarlos y retenerlos	Probar la propia competencia obteniendo buenas calificaciones	Búsqueda de estructuras en los textos para facilitar la asimilación de conceptos y aprobar los exámenes. No valorar la crítica ni la discusión	Aprendizaje dirigido por objetivos. Realizar auto-tests para verificar su conocimiento. Ensayan	INTEGRADOR: De la tribu de los Ruk 
Undirected	Estudiar es muy complicado: leen y releen los textos	Ambivalentes, inseguros	Quieren que el papel del profesor sea muy relevante y buscan apoyo y refuerzo constante	No saben adaptarse a las nuevas situaciones ni detectar sus fallos	COMUNICADOR: De la tribu de los Exter 

**Tabla 4.3.** Características de los perfiles de aprendizaje de acuerdo al modelo de Vermunt y relación con los roles asignados en un equipo.

### 3.2.2. Aplicación del modelo de Vermunt a Nucleo: la formación de los equipos y la asignación de roles

Las equipos en el sistema Nucleo (representados como las *tripulaciones de las naves simbióticas*) se configuran buscando la heterogeneidad en cuanto a los estilos de aprendizaje de Vermunt [Oakley, 2004]. Se busca agrupar en un mismo equipo (siempre que sea posible) un alumno MD o AD, otro RD y otro U. Pensamos que este sistema beneficia a todos los perfiles, puesto que los AD y MD prefieren tener más grados de libertad y ser capaces de tomar decisiones, mientras que tanto los RD y los U se benefician al tener una figura que les marque el siguiente paso a seguir. Por otro lado, este sistema a los alumnos cuyas estrategias de aprendizaje son menos efectivas (RD y U) un modelo que les sirve como referencia. Por su parte, los alumnos MD y AD tienen la posibilidad de enseñar a otros, lo que constituye manera efectiva de aprender y fijar conocimientos.

Como base inicial para realizar la catalogación, se usa el cuestionario desarrollado para este fin, el *Inventory of Learning Styles* (ILS), que puede responderse aproximadamente en un cuarto de hora y que permite inicializar el perfil del alumno. Estos datos iniciales se actualizan en función de los resultados obtenidos y de la interacción del alumno con el sistema (ver Capítulo 5 apartado 2 para detalles sobre la construcción del modelo de usuario y las reglas de adaptación).

Además de servir como base para la formación de equipos heterogéneos, la clasificación de Vermunt se utiliza para la asignación de roles: en función del perfil de cada alumno (AD, MD, RD o U) el sistema les asigna el rol que más se ajusta con sus cualidades básicas (ver Tabla 4. 3).

El uso de roles parece incidir positivamente sobre la cohesión del grupo y sobre el sentido de responsabilidad e implicación de los individuos en los objetivos comunes [Mudrack, 1995]. Su relevancia se incrementa cuando el grupo persigue un objetivo común que requiere un cierto grado de división de tareas, coordinación e integración de actividades individuales. Aunque hay numerosas aproximaciones pedagógicas desarrolladas para aprendizaje colaborativo que utilizan roles como soporte para la coordinación y estructuración de actividades [Johnson, 1992; Kagan, 1994], fueron en su mayoría concebidos para el aprendizaje presencial e implican el desempeño de una única tarea. Existen, sin embargo, muchos menos estudios sistemáticos del efecto del uso de roles en escenarios CSCL, una excepción es [Strijbos, 2004].

En nuestro sistema utilizaremos un tipo de roles llamados *funcionales* [Johnson, 1992; Kagan, 1994; Mudrack, 1995], diseñados para asignar a cada individuo una responsabilidad concreta. Las responsabilidades son interdependientes entre sí con el fin de lograr un objetivo común. Los roles están adaptados al estilo de la metáfora y se asignan en función del perfil del alumno en el esquema de Vermunt (ver la correlación entre estilo de aprendizaje, rol y tribu reflejada en la Tabla 4. 3):

- *Capitán* (perteneciente a la tribu de los *Evians*). Es el miembro del equipo con más alta puntuación MD o AD. Su función es la de organizar el trabajo y hacer un seguimiento del progreso. Entre sus tareas están:
  - Consensuar y discutir con los miembros del equipo las actividades que hay que realizar y los plazos.
  - Supervisar que todos los miembros de la tripulación cumplan con sus compromisos.

- Seguir el estado del trabajo de manera regular y comunicar los resultados a los restantes miembros de la tripulación.
- Estimular la participación de todos los miembros en el cumplimiento del objetivo.
- *Integrador de conocimientos* (perteneciente a la tribu de los *Ruké*). Es el miembro del equipo con más alta puntuación RD. Su función es la de controlar que todos los miembros del grupo adquieran los conocimientos requeridos. En el caso de que cada miembro del equipo se encargue del desarrollo de una parte del problema, el *Integrador* debe asegurarse de que todo el mundo conoce el funcionamiento de las partes de los demás. Entre sus tareas se encuentran:
  - Elaborar, mantener y distribuir un *cuaderno de bitácora* que contenga el progreso del trabajo de cada miembro del equipo en el desarrollo de su parte de la tarea.
  - Establecer controles para que los todos miembros de la tripulación participen de los conocimientos de sus compañeros.
- *Heraldo o responsable de comunicaciones* (perteneciente a la tribu de los *Exter*). Es la función desempeñada por el miembro del equipo con más alta puntuación U. Su función principal es gestionar la comunicación con el Consejo de Arcanos. Sus responsabilidades son:
  - Realizar un inventario sobre las fuentes de conocimiento que se han decidido consultar, compilando las actualizaciones reportadas por los miembros de la tripulación sobre si es necesario encontrar fuentes adicionales o resultan suficientes para la resolución del problema.
  - Encargarse de recopilar las dudas / consultas de los compañeros y transmitir las a la fuente adecuada (pueden resolverse las dudas con ayuda de otras tripulaciones para lo que se cuenta con un sistema de créditos de intercambio de ayudas, o remitirlas al *Consejo de Arcanos*).

### 3.3. El rol del tutor: El Consejo de Arcanos

Pese a haberse comprobado en diversos los beneficios que el PBL supone para el alumno en determinado tipo de contextos [Boud, 1991; Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1992; Stepien, 1993], es frecuente que los profesores muestren resistencia a utilizar este tipo de soluciones. No se trata tan sólo del incremento de la carga de trabajo que supone hacer un seguimiento del progreso de muchos grupos pequeños, que implica un esfuerzo superior al de impartir clases tradicionales. También pesa la exigencia de un conjunto de habilidades para las no han sido entrenados. Y, sobre todo, supone un choque con la imagen de tutor tradicional presente en la cultura occidental. En cualquier aproximación PBL, la figura del tutor se desplaza con respecto a los sistemas de enseñanza tradicionales. Pasa de ser el centro del sistema de aprendizaje (quien posee el conocimiento y lo suministra en las dosis adecuadas) a facilitar pistas y acompañar a los alumnos en su auto-aprendizaje. Es responsable de guiarles cuando se encuentran perdidos pero sin llegar a darles la solución. Acompañar a los alumnos en el aprendizaje parece reducir la importancia y el protagonismo del profesor.

Adicionalmente, Nucleo requiere de los tutores ciertas habilidades más allá de las habituales en entornos PBL. Se les pide una fuerte dosis de imaginación y capacidad

de juego para mantener en todo momento la ilusión de la metáfora en sus comunicados y el diseño de las misiones.

Como contrapartida, el incremento de carga docente es inferior al que los sistemas clásicos PBL. En primer lugar, los equipos están configurados para conseguir una semi-autonomía (descrito en el apartado anterior), de tal manera que su dependencia del tutor se reduzca. Además, los roles están concebidos para que la comunicación tutor-alumno esté centralizada y se atenga a determinadas reglas, lo que reduce la cantidad de comunicaciones que el tutor recibe por parte de los alumnos.

Las tareas del tutor dentro del sistema son las siguientes:

- Supervisar y corregir (si fuera necesario) la formación automática de los equipos (ver Capítulo 5 apartado 2).
- Crear y publicar las *misiones*.
- Hacer un seguimiento del desarrollo, a través del cuaderno de bitácora y los objetos generados por las tripulaciones en cada una de las fases previstas de acuerdo al script.
- Resolver las dudas directas planteadas por los alumnos. El entorno dispone de mecanismos síncronos (en el entorno virtual) y asíncronos para que el *Arcano* interactúe con los *Aspirantes a Paladines de la Academia*.
- Evaluar el resultado de las *misiones* y publicar las clasificaciones.
- Asignación de puntuaciones individuales. Publicar el ranking individual.

### 3.4. Mecanismos de evaluación

Uno de los aspectos más costosos de resolver en entornos de trabajo colaborativo es la evaluación individual de los alumnos. Se ha de determinar cómo discriminar la participación de cada individuo en el trabajo conjunto. En Nucleo se utilizan dos niveles de evaluación:

#### 3.4.1. Evaluación por equipos.

La puntuación que un equipo obtiene por su solución en una misión no es absoluta, sino comparativa. Es decir, una solución no es ni buena ni mala, sino mejor o peor que la de otro equipo. Esto significa que la puntuación asignada a un equipo por su solución depende de los resultados de los demás. Por un lado, consideramos que la competición puede ser un potente estímulo y, por otro, pensamos que nos puede ayudar a evitar conductas “poco recomendables”, como, por ejemplo, la copia de trabajos entre los equipos.

#### 3.4.2. Evaluación individual.

La nota de cada alumno recoge dos tipos de información. Por una parte, la puntuación de la misión conjunta y, por otra, la opinión que sus compañeros de equipo tienen de su actuación en el proceso colaborativo de resolución (evaluación por pares). Así a cada individuo se le asigna una fracción del total de la nota obtenida por el equipo en función de cómo le hayan evaluado sus compañeros. Al finalizar cada misión se pasa una encuesta a los alumnos en la que deben calificar a sus compañeros



de equipo basándose en la respuesta a nueve preguntas que tienen que ver con su nivel de implicación, efectividad, iniciativa, interés y responsabilidad en el trabajo [Oakley, 2004]. La encuesta se realiza anónimamente, de tal manera que sólo el profesor tiene acceso a estos resultados (no el resto de los compañeros del equipo de cada alumno). La calificación final varía entre “excelente” (100%) y “no ha aparecido” (0%) (ver Tabla 4. 4). La media de las calificaciones para un alumno por parte del resto de los miembros de su equipo, determinan el porcentaje de la nota conjunta que se le asigna individualmente, de acuerdo con el siguiente procedimiento [Brown, 1995]:

- Se convierten las calificaciones individuales a su valor numérico de acuerdo con la correspondencia establecida por la Tabla 4. 4.
- Se calcula la media individual de cada miembro a partir de las calificaciones dadas por sus compañeros.
- Se calcula la media general del grupo a partir de las medias individuales.
- Se calcula el factor de ajuste como la media individual dividido por la general.
- La calificación individual es la nota obtenida por el equipo multiplicada por el factor de ajuste.

Para que la evaluación por pares resulte efectiva, se ha vinculado directamente a las solicitudes de cambio o permanencia en una *tripulación*. Los alumnos que lo deseen, pueden solicitar ser reasignados o quedarse en la misma *nave*, siempre y cuando la evaluación que hayan hecho de sus compañeros que se corresponda con su descontento o satisfacción. Por una parte, pensamos que es fácil que los alumnos se sientan tentados a valorar bien a sus compañeros de equipo. En general, denunciar la mala actitud de un compañero ante el profesor es una situación incómoda. Pero si su equipo no funciona, y desean que se les reasigne, no pueden justificar su petición si las valoraciones que han dado son buenas. Las reasignaciones (voluntarias o forzosas) se realizan al finalizar cada misión.

Calificación	Porcentaje
Excelente	100%
Muy Buena	87.5%
Satisfactoria	75%
Normal	62.5%
Marginal	50%
Deficiente	37.5%
Muy poco satisfactoria	25%
Superficial	12.5%
No ha aparecido	0%

**Tabla 4. 4.** Relación entre la calificación asignada por los compañeros de grupo y la fracción de la puntuación obtenida sobre el total de la misión.

### 3.5. Diseño del aprendizaje: Colaboración vs. competición

El aprendizaje se articula en forma de juego, en torno a campañas o misiones asíncronas, en el que se cultivan dos esquemas de interacción social muy diferentes y, en apariencia, antagónicos: la competición y la colaboración. Ambos esquemas se utilizan simultáneamente en los dos niveles de interacción social que contempla el sistema: individual y grupal.

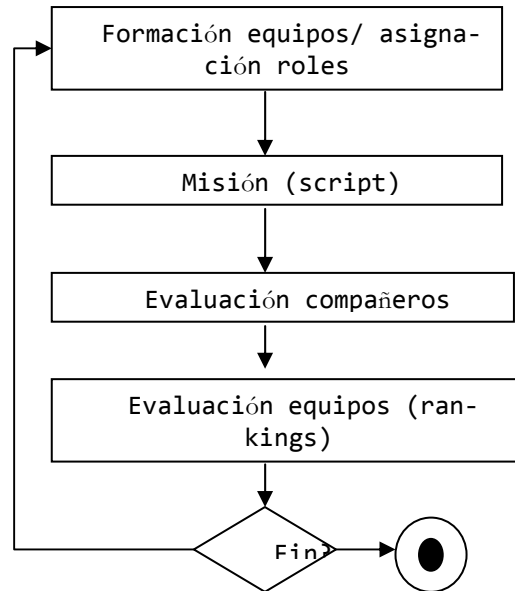
- *La competición.* El entorno potencia el ambiente competitivo entre grupos y también de manera individual. Los elementos incluidos para potenciarla son:
  - Los resultados de las misiones son evaluados de manera comparativa, de tal manera que el nivel de aprobado lo fija la calidad de las misiones entregadas.
  - Individualmente, los alumnos con puntuaciones más altas en el ranking adquieren privilegios y distintivos físicos reconocibles en su avatar. Se busca con esto busca fomentar el espíritu de reconocimiento social por parte del grupo como elemento motivador [Baron, 1999].
  - Los *rankings* (individual y por grupos) son públicos, en la misma línea de incentivar la búsqueda de reconocimiento social.
- *La colaboración.* También se potencia la colaboración en los dos niveles de interacción social:
  - Los alumnos deben colaborar, necesariamente, con sus compañeros de equipo.
  - También se incentiva la colaboración individual. Se ha incluido un sistema de recompensa por intercambio de ayudas. Cualquier miembro de la *Academia de Paladines* puede solicitar ayuda públicamente, sin que esto les suponga una penalización. Aquellos *aspirantes* que respondan acertadamente a la consulta son recompensados con puntuación adicional.

### 3.6. Ciclo del aprendizaje

El diseño de la estrategia de aprendizaje sigue el esquema clásico de un entorno PBL. El aprendizaje está conducido por la resolución colaborativa de casos prácticos, que en este caso, están encastrados en el juego (*misiones*). Los conocimientos técnicos se adquieren en el transcurso de la búsqueda de soluciones y no se imparten sesiones teóricas.

Un curso está compuesto por un cierto número de misiones planteadas por el profesor. Para cada misión, el ciclo del aprendizaje sigue la siguiente secuencia cíclica (ver Figura 4. 2):

- Formación de las tripulaciones y asignación de los roles.
2. Proceso de realización de la misión. Las misiones se estructuran en varias tareas, de acuerdo a un guión de colaboración o script (ver apartado 4 de este mismo capítulo).
3. Evaluación por pares. Los integrantes de cada equipo evalúan a sus compañeros (ver apartado 3.4).
4. Evaluación por equipos y publicación del ranking.
5. Evaluación individual y publicación del ranking.



**Figura 4. 2.** Ciclo del aprendizaje en Nucleo.

### 3.7. Mare Monstrum, el prototipo

En la implementación actual, el prototipo *Mare Monstrum*<sup>3</sup> (ver Capítulo 6, apartado 3), la metáfora inicial se ha modificado con el fin de poder ajustar los costes de desarrollo a un presupuesto muy limitado.

Tal y como se expuso en el Capítulo 1 (apartado 3), el desarrollo de este proyecto ha seguido una evolución de acuerdo a un esquema de fases. Durante la fase 1, se determinó la metáfora que sirve como hilo conductor al juego (descrita en el apartado 3.1 de este capítulo). Uno de los motivos de elegir el escenario futurista en un universo informático, fue el que encajara con el dominio de conocimiento de aplicación (el aprendizaje de la programación). Sin embargo, a la hora de desarrollar el prototipo de la fase 2, resultó que incluso una implementación piloto con la ambientación requerida por la metáfora excedía los límites del presupuesto destinado al diseño de arte 3D.

<sup>3</sup> <http://Nucleo.e-ucm.es/isladragon/metafora.html>

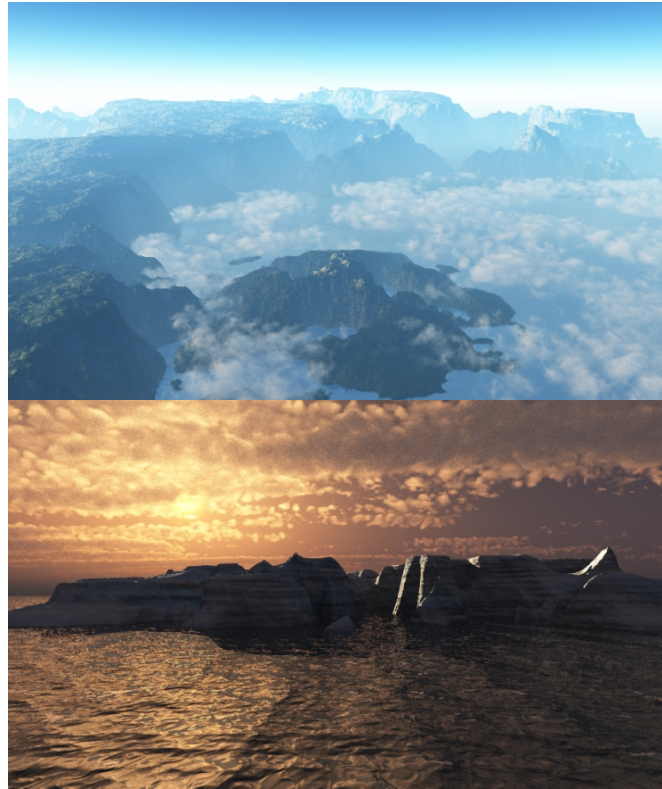
Buscando alternativas asequibles a nuestros costes de implementación, decidimos utilizar como motor gráfico y motor de juego la plataforma Multiverse<sup>4</sup>. Una de las ventajas de esta plataforma, es que dispone de librerías gráficas con gran cantidad de elementos en 3D libres de uso (personajes, objetos y espacios). Sin embargo, todos estos elementos son de estética y ambiente medieval, por lo que creamos una metáfora completamente distinta a Mundo Nucleo: Mare Monstrum.

En Mare Monstrum, las *LAs* han sido sustituidas por *Guerberos* de un antiguo pueblo amenazados por los misteriosos *Señores Oscuros* quienes desean destruir la sabiduría y el conocimiento y sumir al mundo en las tinieblas. Para evitarlo, los *Guerberos* deben ser entrenados por el pueblo más sabio y antiguo de la tierra, los *Dragones Marinos* en la *Escuela del Dragón*. *Mundo Nucleo* se ha convertido en *Isla Dragón* (ver Figura 4. 3), las *naves espaciales* han sido sustituidas por *barcos vikingos*, la *Academia de Paladines* es la *Escuela del Dragón* y han desaparecido las tribus (aunque se mantienen los mismos roles, que ahora se identifican mediante un distintivo físico: una espada para los capitanes, una runa para los comunicadores y un halo para los integradores). Por último, los *Arcanos* se han convertido en los *Dragones Marinos*, *Guardianes de la Isla*.

Pensamos que Mare Monstrum es una metáfora que podría adecuarse mejor a otros dominios de conocimiento, mientras que Mundo Nucleo resulta más adecuada al de nuestra implementación piloto, el aprendizaje de la programación. Por consiguiente, Nucleo es un marco que no está ligado a ninguna metáfora concreta, si se dispone del presupuesto necesario. Podrían utilizarse distintas escenificaciones para ajustarse a dominios de conocimiento distintos. Por ejemplo: mundos de brujas para el aprendizaje de la química, el antiguo Egipto para arqueología, futurista y tecnológico para disciplinas relacionadas con la programación, etc.

---

<sup>4</sup> <http://www.multiverse.net>



**Figura 4. 3.** Dos vistas panorámicas de Isla Dragón. Imágenes diseñadas para la portada de la aplicación piloto Mare Monstrum.

#### 4. Modelado de la estrategia

En un entorno de colaboración completamente libre, es difícil garantizar que los alumnos participan en actividades significativas desde el punto de vista educativo. Uno de principales objetivos a la hora de diseñar un entorno CSCL es, precisamente, intentar que esto suceda [Dillenborg, 2002]. Entre las diferentes aproximaciones que se utilizan, cabe mencionar dos filosofías distintas [Hernández-Leo, 2007]: la primera consiste en monitorizar la interacción e intervenir para redirigir el grupo hacia una interacción más productiva cuando el tutor o el sistema así lo consideran [Soller, 2005]. La segunda, es proporcionar a los alumnos una serie de instrucciones que dirijan su interacción y les orienten hacia actividades educativamente significativas [Dillenborg, 1999] mediante los llamados *guiones de colaboración* (*collaboration scripts*, ver Capítulo 3 apartado 0).

Un guión de colaboración se puede definir como un conjunto de instrucciones que especifican cómo los miembros de un grupo deben interactuar y colaborar con el fin de encontrar la solución a un problema [O'Donnell, 1992]. Dependiendo de la granu-

laridad de las situaciones estructuradas y el nivel de detalle en las descripciones de las interacciones, se consideran dos tipos distintos de guiones [Dillenbourg, 2007]: los micro y los macro guiones. Un micro guión típicamente da soporte a las interacciones dentro de una actividad concreta, con acciones detalladas sobre cómo debe producirse la interacción [Weinberger, 2005]. Por el contrario, los macro-guiones definen cómo debe producirse el flujo entre una actividad pedagógica y la siguiente [Dillenbourg, 2007] y cuáles son dichas actividades.

Otra cuestión es cómo se implementan los guiones colaborativos en una aplicación virtual. Existen para ello dos alternativas básicas: la primera consiste en embeber el guión en la propia lógica del sistema, y la segunda en utilizar un mecanismo que permita separar la lógica de su representación. Dentro de esta última categoría se pueden utilizar distintas alternativas (ver Capítulo 3, apartado 4).

Actualmente la mayor parte de los *scripts* utilizados en entornos CACL utilizan la primera alternativa, es decir, están embebidos en la lógica del sistema [Jermann, 2004; Häkkinen, 2007]. Esto supone, sin duda, una limitación a la hora de reutilizarlos. Además de que supone un esfuerzo considerable cambiar algún aspecto puntual de los mismos y más si se trata de cambiarlos sustancialmente. Por supuesto que, bajo estas consideraciones, sería deseable poder implementar los scripts mediante un lenguaje computable y luego ejecutarlos en un entorno de aprendizaje, tal como un LMS. Pero no es evidente que dicho lenguaje esté disponible a día de hoy. Ni tampoco que esta sea una alternativa que merezca la pena desde los puntos de vista del coste y la efectividad.

Posiblemente, la alternativa con mayor atractivo a día de hoy sea utilizar IMS LD [IMS LD, 2003], puesto que es el candidato más firme a convertirse en estándar de facto para modelado de procesos educativos en general (ver Capítulo 3 apartado 4.2.1). Sin embargo, la especificación tiene importantes carencias para el tipo particular de estrategias pedagógicas que aquí estamos considerando, en las que la clave es la colaboración [Miao, 2006; Vega-Gorgojo, 2005; Hernández-Leo, 2004; Caeiro-Rodríguez, 2003]. Para solventar estas carencias se han propuesto algunas de alternativas: desde proponer pequeñas modificaciones del lenguaje [Caeiro-Rodríguez, 2003], pasando por utilizar complejos mecanismos inherentes a la misma [Hernández-Leo, 2007] o añadir una ontología que permita describir semánticamente los procesos de colaboración implícitos en las actividades [Vega-Gorgojo, 2005].

Paralelamente, en la actualidad, se están llevando a cabo diversas tentativas para definir un lenguaje específico que permita la representación para *scripts colaborativos*, tanto desde el punto de vista conceptual [Kobbe, 2007; Kollar, 2006; Dillenbourg, 2007] como desde el punto de vista de representación formal [Harrer, 2006; Haake, 2006]. Estas aproximaciones incorporan una serie de constructores específicos que permiten representar de manera más intuitiva y sencilla un proceso colaborativo de aprendizaje.

En el siguiente apartado definimos un modelo conceptual que, utilizado como base para de algún mecanismo que aporte una semántica operacional definida, permitiría automatizar la creación de estrategias Nucleo. A continuación incluimos una discusión sobre las posibles alternativas de representación, y nos decantamos por una de ellas (los lenguajes específicos de dominio).

#### 4.1. Modelado conceptual del proceso de aprendizaje definido en Nucleo: discusión sobre su formalización

En este apartado definimos un modelo conceptual destinado a representar la estrategia de aprendizaje definida para Nucleo. El objetivo es utilizar este modelo como base para una futura representación formal que incluya una semántica operacional, con el objetivo de dotar al modelo de computabilidad. El modelo conceptual que proponemos se basa en el marco desarrollado por Lars Kobbe en [Kobbe, 2007], con una serie de leves modificaciones necesarias para cumplir con nuestros requisitos específicos. A nivel de representación formal proponemos como alternativa para una futura implementación los lenguajes específicos de dominio, si bien en la actualidad la estrategia de aprendizaje está incrustada directamente en la lógica del código.

##### 4.1.1. Marco conceptual para el script de Nucleo

Desde un punto de vista conceptual, un lenguaje para formalización de scripts debe estar orientado a especificar cómo:

*personas y/o grupos que desempeñan determinados roles,  
trabajan en colaboración para alcanzar determinados objetivos  
mediante el desempeño de actividades,  
de acuerdo con una determinada estructura temporal,  
dentro de un entorno o escenario  
que dispone de las herramientas y contenidos que el desempeño de estas actividades requiera.*

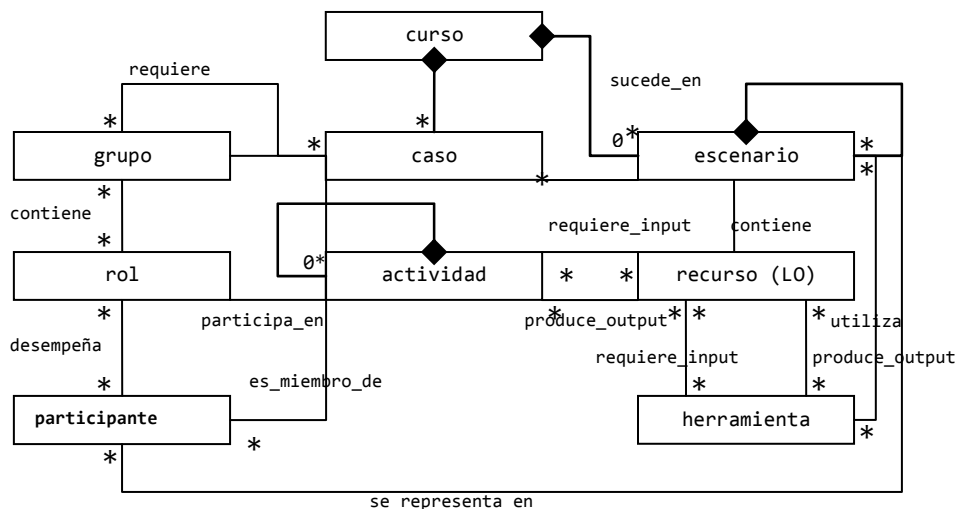
En concreto, en el trabajo más prometedor que hemos encontrado hasta la fecha, Lars Kobbe [Kobbe, 2007] propone un marco conceptual que diferencia entre *componentes* por un lado y *mecanismos* por otro, basándose en trabajos anteriores [Kollar, 2006; Dillenbourg, 2007].

- Los *componentes* son el mínimo número de entidades que se necesitan para describir un proceso de aprendizaje colaborativo. Son cinco:
  - *Participantes*, son los individuos que intervienen en el proceso.
  - *Actividades*, son las actividades en las que intervienen los participantes en el proceso de aprendizaje, forman una estructura jerárquica en la que una cada una de ellas se puede descomponer en una serie de sub-actividades
  - *Roles*, son los papeles que desempeñan los participantes en la ejecución de estas actividades.
  - *Recursos*, son los recursos que se generan o que se utilizan en la realización de las actividades.
  - *Grupos*, son los grupos que se forman entre los participantes para el desempeño de las actividades.
- Los *mecanismos* sirven a su vez para ayudar a describir la naturaleza distribuida de los scripts colaborativos. Es decir, cómo las actividades, los roles y los recursos se distribuyen entre los participantes y de qué manera y con qué secuencia temporal se ejecutan. Lars Kobbe identifica tres de estos mecanismos:
  - *Distribución de tareas*, cómo se distribuyen actividades, roles y recursos entre los participantes.
  - *Formación de grupos*, cómo se distribuyen los participantes para formar los grupos.

- *Secuenciación*, cuál es la organización temporal de las dos componentes anteriores.

En Nucleo, tal y como se expuso en el apartado 3 de este capítulo, se utiliza como base para el aprendizaje un esquema clásico PBL. El protocolo de aprendizaje para aproximaciones PBL se aplica en nuestro caso inmerso en una metáfora y un mundo virtual. Los problemas (*misiones*) se resuelven a través de mecanismos colaborativos y son la base para establecer un juego en el que la competición sirve como estímulo y motivación. Este particular sistema de enseñanza, demanda unos requisitos específicos derivados tanto del escenario en el que se desarrolla el aprendizaje, como de los diferentes niveles de anidamiento o granularidad que tiene la estrategia de aprendizaje. Siguiendo la propuesta de Kobbe (división entre componentes y mecanismos) en Nucleo hemos definido:

- Componentes de Nucleo. La estructura en el nivel más alto contiene los siguientes elementos: curso, caso, actividad, grupo, participante-avatar, rol, escenario, herramientas y objeto educativo. Hemos añadido los casos, los escenarios, las herramientas y los objetos educativos (sustituyendo a los recursos), al modelo original de Kobbe para adaptarse a los requisitos de nuestro marco. Los participantes son equivalentes a los avatares, que es su representación virtual. Las relaciones e interdependencias entre estos elementos son las siguientes (ver Figura 4. 4):



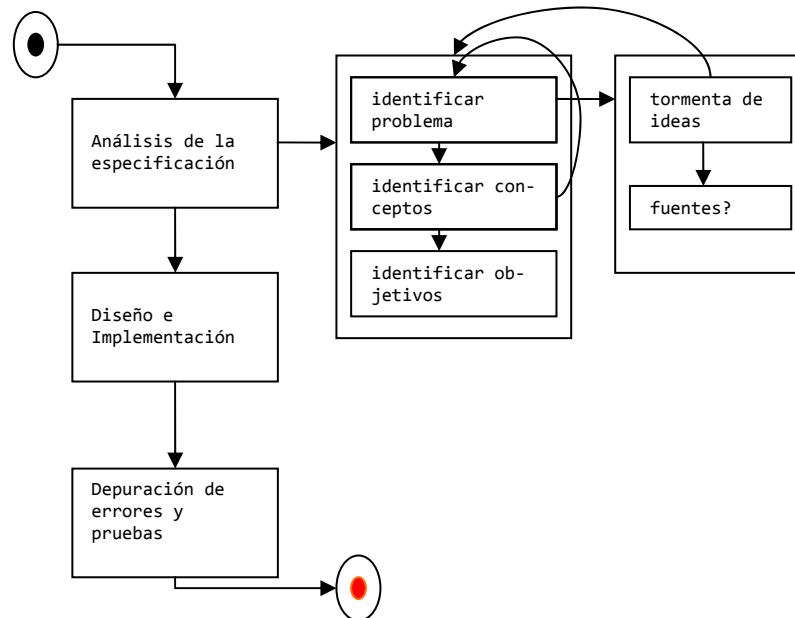
**Figura 4. 4.** Componentes e interrelaciones en el modelo conceptual para el script Nucleo.

- Un *curso* está estructurado en base a la resolución de una serie de misiones o *casos*. El curso se desarrolla en un *escenario* que reproduce un mundo fantástico. Todos los *participantes* en el curso tienen una representación virtual en el *escenario* que se denomina *avatar*.
- Los *casos* son resueltos por un *grupo*, que está compuesto por varios *participantes*, cada uno de los cuales desempeña un *rol*. Los *participantes* (avatares) tienen distintivos físicos determinados por su *rol*. Los grupos interactúan para la reso-



lución de un *caso* en un *escenario* de acceso restringido (sólo tienen permisos de acceso los componentes del grupo).

- Los *casos* se descomponen, a su vez, en *actividades* que reproducen el esquema original PBL (ver Figura 4. 5). En los distintos *escenarios* (común y grupal), los *participantes* disponen de *herramientas* para resolver las actividades, algunas de las cuales son propias de su rol.
- Las *actividades* a su vez se descomponen en *sub-actividades* o *tareas* de acuerdo con varios niveles de anidamiento. Las *actividades* están asignadas a los *participantes* que intervienen y participan en ellas en función de su *rol*. En el transcurso de la resolución de las *actividades* se producen resultados en la forma de *objetos educativos*. Los *objetos educativos* también se utilizan como *input* de ciertas tareas para facilitar el proceso de resolución. Por otro lado, estos *objetos educativos* tienen una representación en el escenario fantástico a modo de elementos del mundo.
- Mecanismos de Nucleo. Utilizamos los mismos mecanismo que los propuestos por Kobbe:
  - *Secuenciación*. Para el caso de NUCLEO, en el nivel más alto el curso sigue un esquema para PBL, es decir el curso está estructurado en base a la resolución colaborativa de cierto número de *casos* determinados inicialmente por el tutor. Cada *caso* se descompone en una secuencia de *actividades*. Los 8 pasos del esquema original, expuesto en el apartado 5.1, se han aglutinado en tres únicas *actividades* (ver Figura 4. 5). Cada una de estas tres *actividades*, que terminan con la producción de un *recurso* que en algunos casos podría utilizarse como *objeto educativo* (LO) que será evaluado por el tutor (y, recibido el visto bueno, iniciará la *actividad* siguiente), se descompone a su vez en otras *actividades*, que a su vez pueden también descomponerse, alcanzando un máximo de tres niveles de anidamiento. La ejecución de la secuencia anidada de *actividades* puede seguir un ciclo iterativo, hasta que se da por finalizada (bien por parte del tutor, bien por parte de alguno de los miembros del grupo). En Nucleo, tal y como se refleja en la Figura 4. 5, la estrategia puede contener hasta cuatro niveles de granularidad con las siguientes dependencias:
    - \* *Los cursos*. Un curso estará compuesto por un número indeterminado de casos o misiones y, en ocasiones, también de actividades concretas que se pueden desarrollar simultánea o asincrónamente.
    - \* *Los casos o misiones*. Compuestos por una serie de actividades.
    - \* *Las actividades*. Pueden ser de carácter atómico (tareas) o estar compuestas por otras actividades, y, en ocasiones, estructuradas a su vez mediante un script.
    - \* *Las tareas* (o actividades atómicas). Son desarrolladas individualmente por un participante
  - *Distribución de tareas*. Los *casos* son asignados a *grupos*, y deben resolverse colaborativamente. Dentro de cada *grupo*, cada participante tiene asignadas una serie de responsabilidades y atribuciones en función de su *rol* (ver apartado 3.2.2 en este mismo capítulo). Para desempeñar las tareas asignadas, los roles disponen de *herramientas* específicas. Como en Nucleo el aprendizaje se desarrolla en un mundo virtual en 3D que dispone de distintas áreas o escenarios asociados al desempeño de actividades. En los diferentes escenarios se dispone de herramientas y objetos que pueden ser utilizados por los participantes (avatares) en función de su rol o de la pertenencia a un grupo.



**Figura 4. 5.** Ejemplo de descomposición en actividades y tareas de una misión de Nucleo. Cada misión puede tener hasta 3 niveles de anidamiento. Por tanto un curso (compuesto por misiones) contiene cuatro.

- *Formación de grupos.* La formación de grupos en Nucleo sigue el criterio expuesto en el apartado 3.2 de este capítulo. Se busca con ello fomentar la interacción social entre los participantes, la distribución de responsabilidades en base a un esquema de roles (de manera similar a como ocurre a un contexto laboral real) y conseguir la máxima auto-gestión y eficiencia de los equipos.

#### 4.1.2. Discusión sobre la elección de un lenguaje para implementar el modelo conceptual del protocolo de aprendizaje en Nucleo

Actualmente no existe un criterio unificado para formalizar los *scripts* mediante lenguajes computables:

- IMS LD resulta demasiado farragoso para modelar procesos de colaboración complejos no secuenciales y existe disparidad de criterios sobre su usabilidad en este tipo de escenarios. Varios autores señalan que existen importantes dificultades [Miao, 2006; Vega-Gorgojo, 2005; Hernández-Leo, 2004; Caeiro-Rodríguez, 2003; Jurado, 2008]. Otros, por el contrario, consiguen implementar satisfactoriamente los guiones de uso corriente en aprendizaje colaborativo. Por ejemplo, [Hernández-Leo, 2007] y [Miao, 2007] afirman que IMS LD puede utilizarse de manera efectiva para modelar procesos de colaboración para trabajo en grupo y propone un ejemplo.
- En [Haake, 2006] se propone como mecanismo de representación los diagramas para autómatas finitos.

- En [Harrer, 2006] se propone la utilización de diagramas de estado para representar scripts con distintos niveles de granularidad.
- En [Papakonstantinou, 2007] se propone una ontología implementada mediante OWL para describir el proceso de colaboración.
- En [Tchounikine, 2008] se plantea un modelo integral para construir macros scripts computables y poder ejecutarlos en un entorno CSCL teniendo en cuenta los aspectos tecnológicos concretos del entorno.
- En [Moreno-Ger, 2007a; Moreno-Ger, 2007b] se utilizan los lenguajes específicos de dominio para modelar escenarios de aprendizaje basado en videojuegos.
- En [Martínez-Ortiz, 2008b] se propone el uso de un lenguaje gráfico para representar estrategias de aprendizaje.

Nuestro primer candidato como lenguaje de modelado fue IMS LD, por ser considerado el estándar de facto para modelar procesos educativos. Sin embargo, en el contexto de Nucleo, resultaba difícilmente aplicable. En [Miao, 2006] se identifican ciertas situaciones en que la especificación IMS LD presenta limitaciones, algunas de las ellas presentes en Nucleo:

- Múltiples grupos con el mismo rol y determinación dinámica del número de grupos. IMS LD permite definir múltiples roles y cada rol puede ser desempeñado por varias personas. El concepto de rol puede utilizarse así mismo para definir grupos. Sin embargo, resulta muy complicado asignar un patrón de trabajo para varios grupos que trabajan en paralelo y definir dentro de los grupos, subgrupos o roles de trabajo con actividades específicas. En nuestro caso, los distintos miembros de un mismo grupo desempeñan roles diferentes, por lo que la construcción rol lleva asociados semánticamente dos conceptos distintos: el concepto de grupo y el concepto de papel que desempeñan los miembros del grupo. Además si cada grupo se define como un rol, el diseñador debe definir una lista de roles para representar a los múltiples grupos, con el problema de que en ocasiones el número de grupos es desconocido en la fase de diseño y se determina únicamente en tiempo de ejecución.
- Objetos resultantes de un proceso de colaboración (artefactos). En el transcurso de un proceso de aprendizaje colaborativo es muy usual que los actores del proceso generen “productos” que sirven de base de trabajo para la siguiente actividad programada en el proceso de colaboración a través de flujos de intercambio de información. Estos productos o artefactos se generan y se utilizan conjuntamente por grupos de personas. En el caso de la estrategia de aprendizaje definida en nuestro guión, al final de cada actividad el grupo genera un *recurso*, que en algunos casos podría tratarse como un objeto de aprendizaje (LO), que sirve como punto de partida para la siguiente actividad, y de hecho, actúa como desencadenante de esta. IMS LD permite definir estos artefactos a través del mecanismo “propiedades” (*properties*), con lo que todos los atributos que se quieran especificar para este objeto deben definirse también como propiedades (a través de grupos de propiedades). Además de resultar definiciones muy poco intuitivas resultan también bastante restrictivas, puesto que no se permite la definición de datos tipo *array* para manejarlas, lo que complica extraordinariamente su manipulación.

- Múltiples formas de interacción social. IMS LD utiliza como metáfora la representación de una obra de teatro para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Una representación (*play*) consiste una secuencia de actos, los cuales están a su vez formados por las partes representadas por cada uno de los actores (*role-parts*). Las *role-parts* pueden ser ejecutadas en paralelo de manera simultánea. Este mecanismo permite a múltiples usuarios, que desempeñan el mismo o distinto rol, ejecutar la misma o distintas acciones de manera simultánea durante el transcurso de un acto. En aprendizaje colaborativo es muy usual que varias personas (con el mismo o distinto rol) realicen una actividad de manera compartida a través de interacciones directas o indirectas (de eso se trata precisamente la colaboración). En nuestro caso concreto, los diferentes roles tienen diferentes derechos y responsabilidades para interactuar entre sí e interactuar con el entorno mientras desempeñan conjuntamente una misma actividad. El modelar este tipo de procesos en IMS LD resulta extraordinariamente complejo, porque los participantes pueden interactuar y trabajar en un amplio rango de estructuras sociales o individuales: comunidades, grupos, sub-grupos o incluso grupos informales.
- Estructuras de proceso complejas. IMS LD dispone de diferentes elementos que permiten estructurar fácilmente formas lineales de interacción con actividades concurrentes: *play*, *act*, *role-part* y *activity structure* (representación, acto, parte y estructuras de actividades). Sin embargo, la secuenciación del proceso mediante actos lineales es excesivamente rígida para modelar procesos en estructura de red [Caeiro-Rodríguez, 2003]. Si bien es posible modelar estructuras no lineales mediante la inclusión de propiedades y condiciones, la especificación de un proceso colaborativo resulta poco intuitiva y excesivamente farragosa. Además resulta muy difícil controlar el flujo asociado a procesos divididos y sincronizados.

Además, resulta muy complicado abarcar los distintos niveles de granularidad presentes en nuestra estrategia de aprendizaje con IMS LD.

Finalmente, la utilización de IMS LD como lenguaje de modelado, obligaría a su ejecución en un motor específicamente preparado para ello del estilo de Copper Core [Coppercore, 2008], SLeD [SLeD, 2008] o [Escobedo, 2007], lo cual dejaría fuera la eventual representación en el escenario virtual, una parte esencial de la estrategia considerada.

Como colofón, es nuestra opinión personal que no parece en absoluto evidente que la comunidad CSCL se vaya a decantar por este lenguaje como estándar para la representación de *scripts*. Una vez evidenciadas por multitud de autores las dificultades a la hora de modelar procesos corrientes en colaboración, parece lejano su extensión generalizada a este dominio.

Entre las distintas alternativas a IMS LD hemos seleccionado los lenguajes específicos de dominio, si bien en la implementación actual para el prototipo Mare Monstrum la estrategia está embebida en la lógica del código. Nos hemos basado en tres consideraciones prioritarias:

- La capacidad para describir de manera efectiva procesos que incluyan distintos niveles de granularidad. Necesitamos que el lenguaje elegido disponga de capacidad para expresar dependencias jerárquicas, posibilite la composición a partir

de componentes separadas, y permita secuenciar los materiales de aprendizaje utilizando a su vez estructuras jerárquicas [Gutiérrez, 2004].

- La disponibilidad de una semántica operacional definida. Para que el lenguaje sea computable, es decir, pueda ser interpretado por un sistema de aprendizaje basado en computador, la descripción formal del script debe poder ser mapeada a nivel operativo. Para ello las construcciones del lenguaje deben tener una semántica bien definida.
- La facilitación de la coordinación de tareas entre los distintos participantes en el diseño de la aplicación. Las aplicaciones educativas que utilizan videojuegos son un campo multi disciplinar que requiere la participación y coordinación de especialistas en distintos campos: el Nucleo del juego es responsabilidad de los programadores, mientras que la jugabilidad es responsabilidad de los diseñadores de juegos (artistas gráficos, animadores 3D, músicos, técnicos de sonido o guionistas gráficos), a lo que se añade la labor de pedagogos y educadores que deben definir la estrategia de aprendizaje. Los lenguajes específicos de dominio se han utilizado en numerosas aplicaciones con problemas de multi disciplinariedad con excelentes resultados ([Sierra, 2006; Sierra, 2008; Atkins, 1999; Chandra, 1999; Van Deursen, 1997]) puesto que permiten la colaboración de los distintos expertos, planteando roles bien definidos y separando las responsabilidades durante el proceso de desarrollo.

## 5. A modo de conclusión

En este capítulo, tomando como base a una serie de requisitos situacionales, se ha elegido una aproximación socio-constructivista, el PBL, como base para la definición de una estrategia de aprendizaje.

Sobre este esquema básico, se han propuesto un conjunto de medidas destinadas a mejorar la efectividad del método tradicional, teniendo en cuenta los objetivos perseguidos. En concreto, las características diferenciales de la estrategia propuesta con respecto al esquema PBL son cuatro:

- Utilización de un mundo virtual fantástico y una dinámica de juego de rol para escenificar el aprendizaje.
- Formación de equipos heterogéneos en base a los resultados obtenidos en el ILS de Vermunt para la determinación de estilos de aprendizaje.
- Asignación de roles funcionales interdependientes en base a los estilos de aprendizaje.
- Reconfiguración dinámica de equipos y roles.

Utilizando esta base, se ha descrito de manera informal la estrategia de aprendizaje, todos los elementos que la constituyen, y su secuenciación. A continuación, se ha propuesto un modelo a alto nivel para representar las estrategias Nucleo basado en el modelo de [Kobbe, 2007] para representar *scripts* genéricos CSCL. Por último, se ha discutido sobre distintas posibilidades de formalización del modelo, centrándonos en especialmente en IMS LD. Finalmente, hemos elegido los lenguajes específicos de

dominio para implementar, en la siguiente fase del proyecto, la formalización de estrategias Nucleo.

Para concluir la definición de la propuesta Nucleo, es necesario definir una arquitectura que permita implementar en un sistema virtual la estrategia definida en este capítulo más las otras dos componentes incluidas en el marco de referencia para el diseño de sistemas *e-learning*: el módulo de adaptación y la interfaz de usuario. Para ello, en el capítulo siguiente describimos cada una de las componentes que es necesario implementar y cómo conseguir su integración con un LMS a través de una arquitectura de referencia.



## Capítulo 5.

### Una arquitectura de referencia para integrar Nucleo en un LMS

La descripción completa del sistema Nucleo se ha dividido en los capítulos 4 y 5: en el capítulo anterior se ha descrito la lógica educativa del sistema, y en el capítulo actual se abordan los aspectos relacionados con su implementación tecnológica. En primer lugar se propone una arquitectura de referencia para el sistema Nucleo y, a continuación, se describen las dos componentes restantes expuestas en el marco de referencia (Capítulo 3): el módulo de adaptación y la interfaz de usuario.

#### 1. Introducción

En este capítulo se propone una arquitectura de referencia que permita implementar la propuesta educativa descrita en el capítulo anterior en un entorno de aprendizaje virtual, e integrarla con un LMS. La idea es añadir la aplicación Nucleo como un módulo conectable al LMS (a modo de complemento o *plug-in*). Así, el esquema básico de la estrategia de aprendizaje se soporta mediante las herramientas, los servicios de gestión y la base de datos del LMS. Además, el uso del LMS simplifica la adopción del sistema en el contexto educativo al que se aplica. La aplicación se comunica con el LMS en dos sentidos:

- La estrategia Nucleo se puede generar mediante un lenguaje específico de dominio, que una vez compilado genera la estructura de actividades, grupos y roles sobre el LMS.
- El motor de representación actúa como una capa en 3D, superponiendo el mundo virtual sobre la interfaz del LMS. La vinculación entre los elementos del mundo y los componentes de la estrategia que residen en el LMS se realiza a través del lenguaje específico de dominio.

La arquitectura propuesta tiene un diseño modular, en el que cada uno de los módulos incluidos se corresponden con los elementos de diseño identificados en el Capítulo 3: un gestor de estrategias de aprendizaje, un módulo de adaptación y una interfaz de usuario.

El gestor de estrategias de aprendizaje es el encargado de generar una estrategia Nucleo diseñada por el profesor mediante un DSL, haciendo uso del esquema descrito en el Capítulo 4 apartado 4. Actualmente, el módulo encargado de gestionar la generación de estrategias de aprendizaje no está totalmente implementado. En el proto-



tipo actual, el *script* que representa la estrategia está embebido en la lógica de la aplicación.

El módulo de adaptación se nutre de los datos almacenados en la base de datos del LMS. En nuestro sistema, el proceso de adaptación tiene como objetivo directo formar los equipos y distribuir internamente los roles entre los participantes e, indirectamente, modificar la estrategia individual del aprendizaje. Para ello, el sistema actualmente utiliza un sistema de representación basado en estereotipos estáticos inferidos a través de los resultados obtenidos por los alumnos en el ILS de Vermunt, en base a los cuales se definen las reglas de adaptación (Capítulo 4 apartado 3.2). Al menos inicialmente, hasta verificar la validez del modelo propuesto, no se contemplan otros tipos de información usuales en los modelos del alumno (*Student Model*, SM), como conocimiento adquirido, conocimientos previos u objetivos de aprendizaje.

Con respecto a la otra componente objeto de estudio en este capítulo, la interfaz de usuario, hemos decidido utilizar un entorno virtual multi-jugador (MUVE) de estética fantástica, cuyo objetivo es cumplir con los siguientes objetivos:

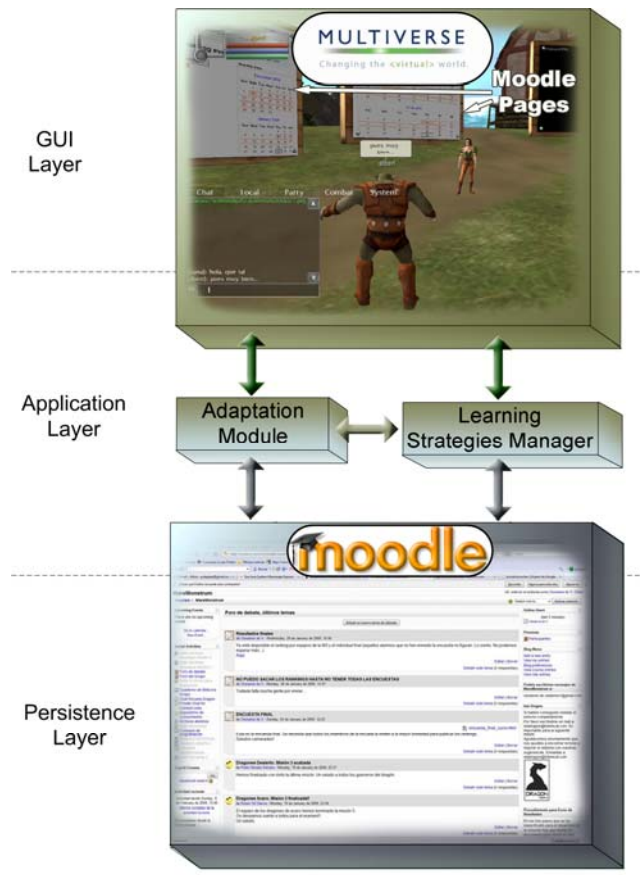
1. Potenciar la creación de vínculos afectivos entre los participantes que puedan contribuir a la creación de una comunidad de práctica. Se busca potenciar las relaciones sociales como vía para mejorar la colaboración y el desarrollo de *soft-skills* a través de un ambiente de inmersión y una atmósfera de juego. La comunidad educativa lleva algunos años estudiando el efecto de la utilización de MUVEs como vía para conseguir objetivos similares a los nuestros [Barab, 2001; Clarke, 2005; Steinkuehler, 2004].
2. Potenciar la motivación por reconocimiento social en los participantes a través de los sentimientos de “gloria y vergüenza” (*Shame and Glory*) que mueven a los jugadores en este tipo de entornos (esquema de juegos meritocráticos) [Baron, 1999].

La arquitectura propuesta en este capítulo permite desarrollar el sistema de manera modular sin perjuicio de la operativa general. En el prototipo actualmente desarrollado, el gestor de estrategias no está implementado, si bien se ha añadido la infraestructura de datos y comunicaciones para que se pueda hacer de manera sencilla. En cuanto al módulo de adaptación, existe una implementación básica que contiene todos los elementos para realizar un desarrollo incremental del mismo.

La estructura de este capítulo es la siguiente: en el apartado 2 se describe la arquitectura del sistema. A continuación, en el apartado 3, se expone el módulo de adaptación. En el apartado 4 se describe la interfaz de usuario, y se mencionan todas las componentes incluidas en la misma en relación a los objetivos pedagógicos perseguidos. Por último, en el apartado 5 se ofrecen una serie de conclusiones sobre el capítulo.

## 2. Arquitectura de referencia para Nucleo

Nucleo está diseñado como una fusión entre cuatro entidades: el generador de estrategias de aprendizaje, el módulo de adaptación, el motor del MUVE y el LMS (ver Figura 5. 1).



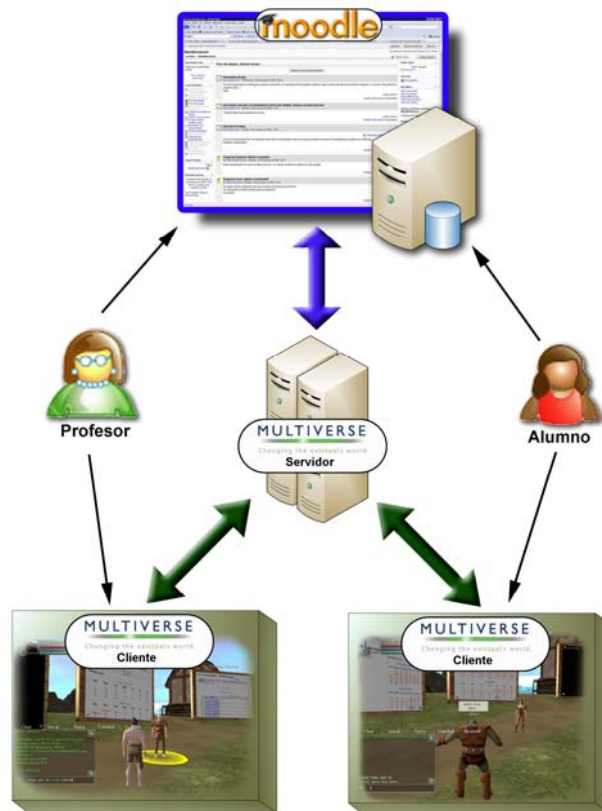
**Figura 5. 1.** Arquitectura de referencia para Nucleo.

- *Gestor de estrategias de aprendizaje.* Es el encargado de generar en el LMS una instancia de la estrategia Nucleo, definida previamente por el tutor. Esta estrategia se expresa mediante un lenguaje específico de dominio (DSL), y una vez compilado, se configuran todos los elementos precisos en el LMS (actividades, herramientas, contenidos, grupos, roles, etc.) (ver Capítulo 4 apartado 4) y se vinculan asimismo los correspondientes elementos y objetos del mundo virtual. Este módulo se comunica con la base de datos del LMS, con la capa de aplicaciones del LMS y con el motor del MUVE, con el fin de vincular los objetos del mundo con las correspondientes componentes del LMS. En el prototipo actual, este proceso se realiza de modo manual. No obstante, el sistema contempla su automatización mediante una descomposición a alto nivel utilizando un DSL.
- *Módulo de adaptación.* Es el encargado de gestionar la totalidad del proceso de adaptación tal y como se ha descrito en el apartado 2 de este capítulo. Dentro de la capa de aplicaciones de Nucleo se comunica con el motor del MUVE, a quien le envía la asignación de roles y la distribución de equipos. Se comunica también con la base de datos del LMS (donde se almacena el perfil del alumno y

de donde se recogen los datos necesarios para inicializar y actualizar el modelo). Finalmente comunica a la capa de aplicaciones del LMS el resultado del proceso de agrupación y la asignación de los roles.

- *Motor del MUVE*. Es el encargado de gestionar el mundo virtual, sus objetos, componentes, herramientas y jugadores, así como las interacciones entre estos elementos. También gestiona la infraestructura básica de red que permite sostener la conexión simultánea entre los múltiples jugadores y mantener su coherencia (ver Capítulo 6, apartado 3). Dentro de la capa de aplicaciones de Núcleo, el motor del MUVE se comunica con el generador de estrategias (que es el encargado de enviar las vinculaciones de las actividades del LMS con los objetos del mundo) y con el módulo de adaptación (que le comunica los roles asociados a los participantes y su distribución en equipos). El motor MUVE envía datos de la interacción de los participantes en el mundo virtual a la base de datos del LMS. Estos datos serán recuperados por el módulo de adaptación para la actualización del modelo de alumno.

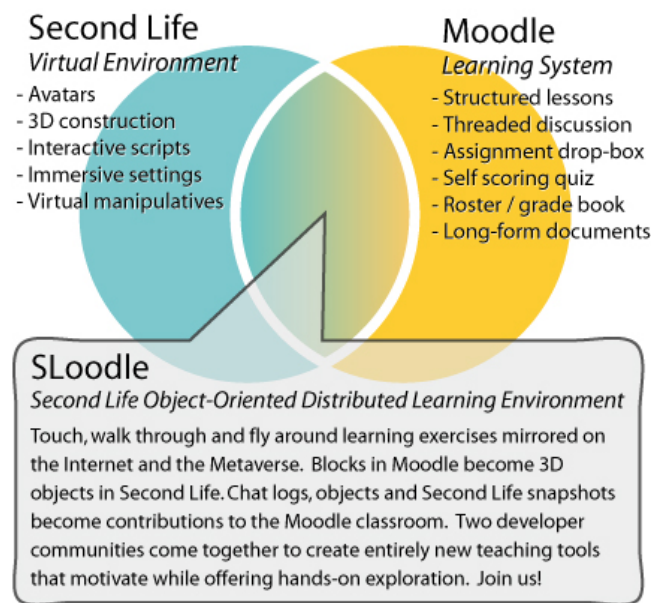
Este modelo, permite al LMS operar de manera autónoma e independiente de la aplicación, que funciona a la manera de un *plug-in* o complemento del sistema (ver Figura 5. 2).



**Figura 5. 2.** La arquitectura permite acceder al sistema a través de la interfaz Moodle o de la interfaz 3D.

Actualmente, existen varios proyectos en desarrollo sustentados sobre la integración de un mundo virtual con un LMS, si bien ninguno de ellos contiene módulos adicionales como los incluidos en nuestro modelo (adaptación y generador de estrategias). Entre estos proyectos en desarrollo, vale la pena mencionar:

- En el trabajo de [Blanco, 2007] documenta un prototipo que integra el motor de juego de *BioWare NeverWinter Nights*<sup>1</sup> con *Moodle*<sup>2</sup>.
- Proyecto Sloodle [Sloodle, 2008]. Este proyecto tiene como objetivo integrar *Second Life*<sup>3</sup> con la plataforma LMS de software libre *Moodle*<sup>2</sup>. El MUVE utiliza la gestión del aprendizaje aportada con *Moodle* aportando modos más ricos de interacción a través del motor de *Second Life*<sup>3</sup> (ver Figura 5. 3).



**Figura 5. 3.** Marco conceptual de *Sloodle* (fuente [Sloodle, 2008]).

<sup>1</sup> <http://nwn.bioware.com/>

<sup>2</sup> <http://www.moodle.com>

<sup>3</sup> <http://www.secondlife.com>

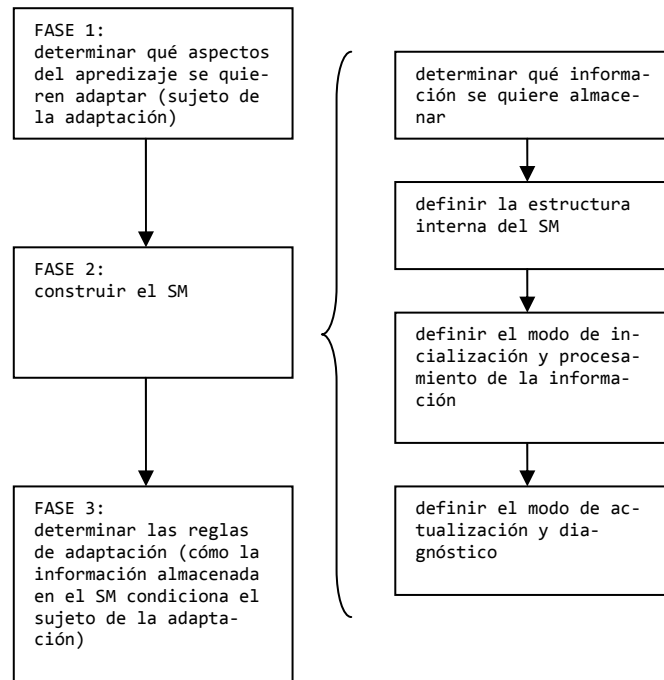
### 3. El módulo de adaptación

Cada alumno es diferente: el mismo recurso web de aprendizaje puede resultar trivial o muy complicado en función de la formación, el conocimiento o las capacidades de quien interacciona con él. Los sistemas de adaptación para *e-learning* tienen como objetivo personalizar los contenidos, los modelos pedagógicos o los esquemas de interacción para adaptarse a las diferentes necesidades, preferencias u objetivos de los alumnos [Stonayov, 2004].

La adaptación en el *e-learning* está íntimamente ligada al hipermedia e hipertexto adaptativos, que se vienen usando para personalizar los contenidos educativos en la web desde principios de los 90, en base a los llamados *modelos de usuario*, que en el caso de este tipo de sistemas se suelen denominar *modelos del alumno* (SM) [Brusilovsky, 1994; Brusilovsky, 1996; De Bra, 1998].

Los SM contienen información sobre las características del alumno en base a las cuales se va a realizar algún tipo de adaptación. Habitualmente, entre este tipo de características se incluye información relacionada con: los objetivos del alumno en relación al aprendizaje, sus conocimientos previos, los conocimientos que ha adquirido en el transcurso del aprendizaje, su formación y/o sus preferencias [Kobsa, 2001]. Adicionalmente, y de manera relativamente reciente, muchos SM empiezan a considerar información relacionada con rasgos individuales de personalidad del alumno, entre ellos, factores cognitivos o estilos de aprendizaje. Si bien, el problema principal de incluir este último conjunto características en los modelos, es que son factores psicológicos difíciles de precisar de modo objetivo y, por tanto, de modelar mediante una representación computable [Fröschl, 2005].

Por lo general, cualquier proceso de adaptación se puede organizar de acuerdo a tres etapas (ver Figura 5. 4) [Brusilovsky, 2002; Sancho, 2005].

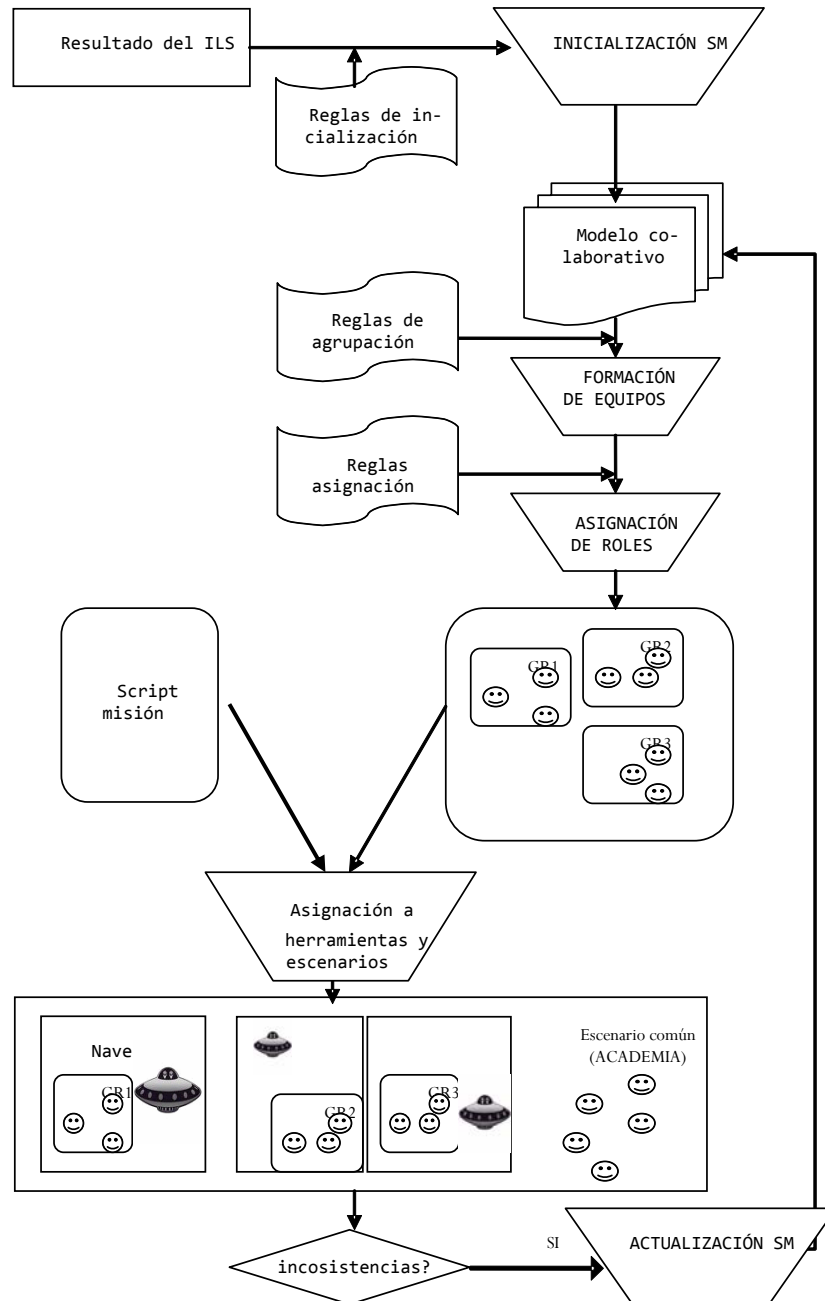


**Figura 5. 4.** Fases implicadas en un proceso genérico de adaptación.

En este apartado se explica el proceso global de adaptación utilizado en Nucleo, revisando las tres componentes esenciales del mismo:

- Determinación del sujeto de la adaptación (apartado 3.1).
- Construcción del SM (apartado 3.2). En esta sección se desglosan las fases necesarias para construir el SM, esto es: determinación del tipo de información que se va almacenar, definición de su estructura interna, definición de cómo se inicializa y mantiene la información almacenada y, por último, determinación del ciclo de actualización y diagnóstico.
- Definición de las reglas que rigen el proceso de adaptación (apartado 3.3).

El ciclo completo de adaptación para Nucleo se ilustra en la Figura 5. 5. Se trata de un modelo a medio plazo (ver Capítulo 3, apartado 5.2.4) puesto que almacena características semi estables de la personalidad del individuo (su estilo de aprendizaje). Por este motivo, el ciclo de adaptación coincide con el ciclo de la estrategia de aprendizaje. Es decir, es paralelo al desarrollo de las misiones.



**Figura 5. 5.** Ciclo de adaptación para el aprendizaje.

El ciclo de la adaptación en Nucleo consta de los siguientes pasos:

1. Se inicializa el modelo colaborativo del alumno (perfil individual) con los datos recolectados inicialmente a través del formulario para determinar el ILS de Vermunt. Estos datos se utilizan para calcular el estereotipo inicialmente asignado al alumno.
2. Aplicando las reglas predefinidas, se forman los equipos iniciales y se asignan los roles.
3. Una vez formados los equipos y distribuidos los roles, los individuos siguen el protocolo de aprendizaje definido en el guión de colaboración, de acuerdo al cual individuos y equipos tienen asignados tareas y responsabilidades, así como un conjunto de herramientas y escenarios en los que se realiza el aprendizaje.
4. Al finalizar cada iteración del ciclo de aprendizaje (i.e. al término de cada misión), el sistema detecta si existen o no inconsistencias en el funcionamiento de los equipos. En caso afirmativo, se emiten una serie de recomendaciones que facilitan al tutor la toma de decisiones sobre la conveniencia de reasignar roles y reconfigurar los equipos.

### 3.1. Definición del sujeto de adaptación

Como ya se ha mencionado, una de las claves del éxito o fracaso del aprendizaje individual en un entorno colaborativo del aprendizaje es la creación de dinámicas adecuadas de trabajo entre los integrantes de un equipo. Por eso, en Nucleo, el objetivo principal de la adaptación tiene que ver precisamente con estos aspectos:

1. Lograr mejorar la eficiencia de los equipos y dotarles de mayor autonomía.
2. Ayudar a la adecuada coordinación del trabajo entre los integrantes.

Considerando estos objetivos como punto de partida del modelo, los elementos del entorno sujetos a adaptación son:

- *La formación de los equipos.* En nuestro sistema buscamos formar equipos heterogéneos como mecanismo para evitar, por un lado, el empobrecimiento del entorno educativo, y, por otro lado, para conseguir equipos semi autónomos con un alto grado de capacidad organizativa [Oakley, 2004; Johnson, 1975].
- *La asignación interna de los roles.* De acuerdo con la información almacenada y procesada en el SM, se asigna al individuo uno u otro rol dentro del equipo, rol que lleva asociado un conjunto de responsabilidades y actividades específicas. En concreto, buena parte de la estrategia se sustenta sobre la adecuada elección de la figura de un líder sobre quien recaen las tareas de planificación y coordinación del trabajo.
- *La estrategia individual de aprendizaje.* El rol que desempeña cada alumno en el equipo condiciona la estrategia individual de aprendizaje, puesto que lleva asociado implícitamente la ejecución de determinadas tareas y responsabilidades.

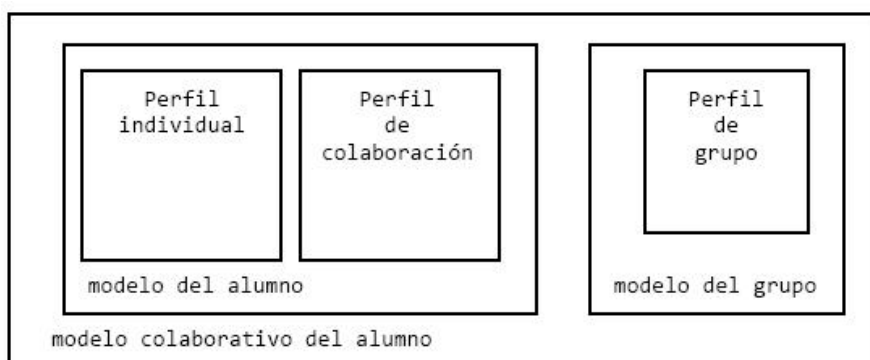


### 3.2. El modelo del alumno (SM) para Nucleo

Como en cualquier sistema de aprendizaje adaptativo, en la definición del SM es necesario determinar al menos cuatro aspectos básicos: qué información se quiere almacenar y cómo se representa (es decir, la estructura interna del modelo), cómo se inicializa, cómo se actualiza dicha información y con qué frecuencia se realiza la actualización.

#### 3.2.1. Información almacenada y estructura interna de representación

En Nucleo la información representada en el SM contiene información relevante para el sujeto de adaptación definido. A diferencia de la mayoría de los modelos colaborativos del alumno, la información contenida en el SM se ha estructurado en tres capas en lugar de en dos, que en su conjunto configuran el modelo colaborativo del alumno (una propuesta similar se realiza en [Duran, 2006]): el perfil del alumno, el perfil de colaboración y el perfil del grupo (ver Figura 5. 6). Se ha elegido este tipo de estructura con el fin de diferenciar de manera sencilla las tres categorías de información, buscando que la actualización dinámica del SM sea más eficiente. Con todo, en la implementación actual del sistema, se está haciendo uso únicamente de la información contenida en el perfil individual.



**Figura 5. 6.** Esquema de la estructura para el modelo colaborativo del alumno en Nucleo, adaptado de [Duran, 2006]

- *El perfil del alumno.* Contiene información del alumno como individuo, considerando las categorías de datos incluidas en el modelo de Vermunt junto con las puntuaciones obtenidas para cada una de ellas. Se trata en total de 16 campos agrupados en 4 categorías con los que se realiza el cómputo para su clasificación dentro de uno de los 4 perfiles propuestos (MD, AD, RD y U) (ver Capítulo 4 apartado 3.2). Los datos se inicializan a partir del cuestionario ILS inicialmente distribuido a los alumnos. Adicionalmente, en esta capa se almacena la siguiente información: el resultado de sumar todas las puntuaciones de los dominios MD y restarle la suma de los dominios U y la información relativa a la puntuación individual media obtenida por el alumno en las misiones en las que ha participado. La Tabla 5. 1 muestra la información contenida en el perfil del alumno.

Descripción	Identificador	Rango de Valores
Identificador del alumno	STUDENT_ID	
Dominio 1 perfil MD	DOM1_MD	0-1
Dominio 2 perfil MD	DOM2_MD	0-1
Dominio 3 perfil MD	DOM3_MD	0-1
Dominio 4 perfil MD	DOM4_MD	0-1
Dominio 1 perfil RD	DOM1_RD	0-1
Dominio 2 perfil RD	DOM2_RD	0-1
Dominio 3 perfil RD	DOM3_RD	0-1
Dominio 1 perfil RD	DOM4_RD	0-1
Dominio 2 perfil U	DOM2_U	0-1
Dominio 3 perfil U	DOM3_U	0-1
Dominio 4 perfil U	DOM4_U	0-1
Dominio 1 perfil AD	DOM1_AD	0-1
Dominio 3 perfil RD	DOM3_AD	0-1
Dominio 4 perfil RD	DOM4_AD	0-1
Estereotipo asignado	STEREOTYPE	capitán/ integrador/ comunicador
Resultante de sumar todos los dominios MD y restarle la suma de los dominios U	TOTAL MD-U	0-1
Puntuación media en misiones	AV_PUNCTUATION	

**Tabla 5. 1.** Información contenida en el perfil del alumno.

- *El perfil de colaboración.* Contiene datos que tienen que ver con la actuación del alumno en su proceso de interacción con el grupo (ver Tabla 5. 2). Entre ellos:
  - El rol que desempeña y los que ha desempeñado en los equipos en los que ha participado.
  - La puntuación que ha obtenido en las evaluaciones por compañeros, (Capítulo 4 apartado 3.4), es decir, cómo el resto de sus compañeros le han valorado en relación al cumplimiento de sus responsabilidades para cada uno de los roles que haya desempeñado.
  - El número de cambios de equipo que ha sufrido.
  - Categoría del alumno en base a su nivel de participación. Las interacciones entre los miembros de un equipo a través de los distintos tipos de herramientas disponibles en el entorno y la frecuencia con la que estas se realizan. Estas interacciones incluyen: conversaciones a través del *chat*, *posts* en el foro (público y privado), utilización y actualización de los ficheros del grupo, utilización de las herramientas propias del rol (cuaderno de bitácora o planificador-, etc.).
- *El perfil del grupo.* Contiene los datos que identifican al equipo y lo describen como un todo (ver Tabla 5. 3). Se consideran aquí datos como: la identificación del grupo, el conjunto de alumnos que lo integran, la distribución de roles dentro del grupo, el número de ayudas a las que ha recurrido y la puntuación obtenida en las misiones. Al finalizar cada ciclo de aprendizaje los alumnos pueden optar por abandonar el grupo al que pertenecen o el profesor puede reasignarlos basándose en las recomendaciones emitidas por el sistema o en su

propio criterio. En este caso se registra también dicha información en el perfil del grupo.

Descripción	Identificador	Rango de Valores
Identificador del grupo al que pertenece	ID_GR_BELONG	
Identificador del rol desempeñado	ID_ROLE_PERFORMED	L/I/C
Evaluación por pares	AV_PEER_EVAL	
Número de cambios realizados	NUM_CHANGES	
Perfil colaborativo	COLLABORATIO_TYPE	alto/medio/bajo

**Tabla 5. 2.** Información almacenada en el perfil de colaboración

Descripción	Identificador	Rango de Valores
Identificador del grupo	ID_GROUP	
Número de miembros	NUM_MEMBERS	0-3
Identificador de los miembros	ID_MEMBER	
Puntuación parcial obtenida	PAR_PUNCT	

**Tabla 5. 3.** Información almacenada en el perfil del grupo

### 3.2.2. Inicialización del SM. Asignación de estereotipos

Como ya se ha descrito previamente, en Nucleo se clasifica al alumno en base a tres estereotipos distintos en función del resultado obtenido en el formulario del ILS de Vermunt (ver Capítulo 4 apartado 3.2.1). Los estereotipos son tres:

- *Capitán*, son los alumnos cuyo perfil MD es más acusado.
- *Integrador*, son los alumnos con perfil RD más acusado.
- *Comunicador*, son los alumnos con perfil U más acusado

De las tres capas de información en la que se estructura el modelo colaborativo del alumno, el perfil de alumno es la única que tiene una inicialización directa a raíz del resultado del ILS y se utiliza para calcular el estereotipo inicial en la primera iteración del ciclo de aprendizaje. Las otras dos se asignan dinámicamente en función de los resultados obtenidos y de la interacción del alumno con el entorno, y, actualmente, se utilizan como base para las reglas de detección de inconsistencias, que sirven como base del sistema de recomendaciones para la reconfiguración de equipos de roles. En la siguiente fase del proyecto, se utilizarán para realizar una reconfiguración dinámica y automática de roles y equipos, utilizadas en procesos de *clustering* (ver Capítulo 8 apartado 3).

Buena parte del esquema de funcionamiento de los equipos en Nucleo se sustenta sobre la figura del líder (o *capitán*). Hasta el punto de que tanto la constitución de equipos heterogéneos como la distribución de los roles internos se inician en torno a esta figura.

En concreto, los equipos se constituyen en torno a alumnos cuya puntuación TOTAL MD-U o TOTAL AD-U es más alta. En nuestro modelo estos dos perfiles (MD y AD) se encuentran fusionados, puesto que a efectos de nuestro sistema de clasificación ambos identifican los alumnos más autónomos (ver Capítulo 4 apartado

3.2). El motivo de restar la suma de las puntuaciones obtenidas en los dominios U, se basa en la observación empírica (de acuerdo a las pruebas realizadas) de que ningún alumno presenta un perfil puro, sino que sus puntuaciones en los distintos dominios de las distintas categorías pueden resultar heterogéneas. En concreto, un alumno con alta puntuación MD, también puede presentar una puntuación alta U. Restar las puntuaciones obtenidas en ambos dominios nos sirve para deshacer esta ambigüedad.

En primera instancia, la asignación de estereotipos se realiza a través de un algoritmo sobre las puntuaciones obtenidas en el ILS. Como primer paso, se calculan la suma de las puntuaciones obtenidas por cada alumno en cada dominio del ILS, y se calcula el campo TOTAL\_MDU, restando la suma obtenida en los dominios MD o AD (según el máximo) y la de los dominios U. A continuación se ordena la tabla por el campo TOTAL\_MDU y se divide en tres tramos (los N máximos, los N mínimos y el resto), calculando para ello los valores frontera. Por último, se asigna el estereotipo capitán a los N alumnos cuyo TOTAL\_MDU es máximo, el de comunicador a los alumnos con TOTAL\_MDU mínimo y el de integrador al resto. El pseudo código del algoritmo simplificado es el siguiente:

```
SUMAR puntuaciones para cada dominio (TOTAL_MD, TOTAL_AD,
TOTAL_RD, TOTAL_U)
TOTAL_MDU = max (TOTAL_MD - TOTAL_U, TOTAL_AD - TOTAL_U)
/*Calcular N (número de equipos)*/
SI (X MOD 3 = 0) ENTONCES
N = X/3
SI NO
N3 = X MOD 3 /*N3 equipos de 3 integrantes*/
N2 = X/3 + Xmod3 /*N2 equipos de 2 integrantes*/
N = N2+ N3
FIN SI
ORDENAR la tabla por TOTAL_MDU
DIVIDIR la tabla en 3 tramos de N registros
CALCULAR VALORES FRONTERA MAX, NesimoMAX, MIN, NesimoMIN
SI (TOTAL_MDU<=MAX AND TOTAL_MDU>=NesimoMAX) ENTONCES
/*la puntuación está entre los N máximos*/
estereotipo=capitan
SI NO SI (TOTAL_MDU <= MIN TOTAL_MDU >=NesimoMIN) ENTONCES
/*la puntuación está entre los N mínimos*/
estereotipo = comunicador
SI NO
Estereotipo = integrador
FIN SI
```

### 3.2.3. Actualización y diagnóstico

La información recolectada como base de para la actualización del modelo de usuario proviene de tres fuentes:

- *Evaluación del trabajo conjunto.* Esta es la puntuación que se ha obtenido en cada una de las misiones por los diferentes equipos. De esta forma se mide el rendimiento global del equipo, si bien esta evaluación no permite discernir si el éxito es debido al trabajo de un solo miembro, que ha arrastrado la mayor parte de carga de trabajo, o al del esfuerzo coordinado de todo el equipo. Esta información se almacena en el perfil del grupo (ver Tabla 5. 3) y sirve como base para la detección de *bajo rendimiento*.
- *Evaluación de cada individuo por parte de sus compañeros de equipo.* En este caso se mide cómo el resto de los compañeros de equipo han percibido la actuación de cada uno de sus miembros. Aunque se trata de una medida subjetiva que puede encubrir rencillas internas, u ocultación de la opinión sincera de los alumnos provocada por un sentimiento de clan y de solidaridad frente al profesor, al estar ligada a aceptar los cambios de equipo aumenta su nivel de credibilidad (ver Capítulo 4 apartado 3.4). Esta información se almacena en el perfil de colaboración, de tal manera que se guarda el registro de las evaluaciones sucesivas del individuo en los diferentes roles que ha desempeñado (ver Tabla 5. 2). Sirve como base para la detección de *inconsistencias*.
- *Evaluación de la actividad del alumno en el sistema.* La arquitectura del sistema permite utilizar directamente tanto la base de datos del LMS, como una serie de datos procedentes de la interacción con el entorno 3D en el que se desenvuelve la acción (ver apartado 4 de este capítulo). Esto proporciona una enorme cantidad de información sobre el comportamiento del alumno, puesto que cada clic que efectúa queda registrado (contando además con la ventaja de que el alumno debe registrarse al iniciar la sesión por lo que la recuperación de la información correspondiente a un alumno no entraña excesiva dificultad). Nuestra idea es agrupar a los alumnos utilizando la técnica conocida como *clustering* para detectar patrones de comportamiento colaborativo similar (ver Capítulo 8 apartado 3). Esta información sirve como base para la detección de *baja participación*.

El modelo de adaptación está diseñado para que las reglas de formación de nuevos equipos y reasignación de roles se disparen en caso de detección de inconsistencias, bajo rendimiento o baja participación:

- *Detección de inconsistencias.* El sistema considera que un rol es inconsistente cuando ha obtenido una puntuación baja en la evaluación por compañeros, aunque sus niveles de participación y la evaluación conjunta sean buenas.
- *Detección de bajo rendimiento.* Se considera que un equipo tiene un rendimiento pobre cuando en la evaluación del trabajo conjunto no obtiene una buena calificación, aunque sus miembros se hayan auto-evaluado positivamente.
- *Detección de baja participación.* Por último, la baja participación se mide a través del análisis de la interacción de los alumnos con el sistema. Puede ser indicativo de una inadecuada elección del rol o bien de una falta de interés por el aprendizaje.

En cualquiera de estos tres supuestos, se emiten un conjunto de recomendaciones que orientan al tutor en la reconfiguración de los equipos y reasignación de los roles. En el prototipo actual, se han implementado el sistema de detección de inconsisten-

cias y el de bajo rendimiento. El sistema de detección de baja participación se contempla para la siguiente fase del proyecto, junto con una mejora de la actualización del modelo de usuario basada en la utilización de algoritmos de clustering (ver Capítulo 8 apartado 3).

### 3.3. Definición de las reglas de adaptación

El sistema contiene dos grupos de reglas que utilizan como base el SM: reglas para la formación de equipos y reglas para la asignación de roles. Ambos tipos utilizan la información recolectada en el resultado obtenido en el ILS de Vermunt y almacenada en el perfil del alumno.

El algoritmo que se utiliza como regla para la formación de equipos distribuye a los alumnos de tal manera que la suma de las puntuaciones MD-U de los miembros sea aproximadamente uniforme en todos los equipos. De acuerdo con el siguiente criterio (un criterio de agrupación similar puede encontrarse en el trabajo de [Paredes, 2008]):

1. Se calcula el número de equipos que integran el aprendizaje (N). Siendo X el número total de alumnos:  
Si  $X \bmod 3$  es 0 entonces  $N = X/3$  (equipos de 3 integrantes).  
Si no entonces  $N = X/3$  (equipos de 3 integrantes) +  $X \bmod 3$  (equipos de 2 integrantes).
2. Se divide la tabla de alumnos en tres tramos:  
Tramo Alto: los N alumnos con la puntuación más alta TOTAL MD-U.  
Tramo Bajo: los N alumnos con la puntuación más baja TOTAL MD-U.  
Tramo Medio: resto de alumnos.
3. Se asigna a un mismo equipo el alumno sin asignar con máxima puntuación TOTAL MD-U del tramo Alto, el alumno sin asignar con mínima TOTAL MD-U del tramo Bajo, el alumno sin asignar del tramo Medio cuya puntuación TOTAL MD-U sea mínima.

En posteriores iteraciones del ciclo de adaptación, en caso de detección de inconsistencias, tal y como se ha detallado en el apartado 3.2.3, se emiten una serie de recomendaciones en función del perfil de colaboración del alumno, que permitirán al profesor tomar una decisión sobre la conveniencia de modificar o no los equipos. La construcción modular del sistema permite modificar fácilmente el algoritmo de construcción de grupos, incorporando criterios adicionales, o incluso modificando el modelo subyacente.

Como ya se ha mencionado en el apartado 3.2.2 de este mismo capítulo, las reglas para la asignación de roles siguen el siguiente criterio. Para un mismo equipo:

- El alumno con puntuación más alta MD-U desempeña el rol de *Capitán*.

- El alumno con puntuación más baja MD-U desempeña el rol de *Responsable de Comunicaciones*.
- El alumno con puntuación intermedia será el *Integrador de Conocimientos*.

En el caso de equipos integrados únicamente por dos miembros, los roles de integrador de conocimientos y responsable de comunicaciones se fusionan y son desempeñados por el alumno con puntuación más baja MD-U.

El proceso de reasignación de roles funciona de manera idéntica al de la reasignación de los equipos. Es decir, el profesor es quien decide la nueva asignación en base a las recomendaciones del sistema dadas en función del perfil colaborativo del alumno y los resultados obtenidos por el sistema de detección (ver Capítulo 7 apartado 3).

#### 4. La interfaz de usuario

Núcleo utiliza como interfaz de usuario un mundo virtual fantástico multi-usuario, en el que los alumnos están representados por *avatares*. El tipo de interfaz elegida y su diseño están orientados a acercar el entorno de aprendizaje a las preferencias y peculiaridades de la generación digital. Se persiguen tres objetivos básicos:

1. Contribuir a la inmersión del alumno en la historia para fomentar el establecimiento de vínculos sociales que mejoren el esquema de colaboración. Para ello se proporciona un escenario y una narrativa que transforman un entorno típico PBL en un juego.
2. Fomentar la motivación por obtención de reconocimiento social y la competitividad. Se utilizan distintivos físicos en los avatares, que se consiguen como recompensa al esfuerzo y los logros intelectuales de los alumnos.
3. Desconcertar a los alumnos mediante el cambio de contexto, e inducirles a adoptar un rol más activo en el proceso de aprendizaje. El escenario y la dinámica del juego también están concebidos con este propósito.

La interfaz del mundo virtual actúa como una capa por encima del LMS al que el sistema está conectado. De esta manera, el usuario puede elegir conectarse al curso a través de la interfaz web estándar que proporciona el LMS, o hacerlo a través de la interfaz Núcleo. Por otro lado, gran parte de las herramientas que utiliza el sistema y la gestión integral del curso (recursos, contenidos, diseño de actividades y perfiles de alumnos) residen en el LMS. De hecho, se puede seguir la estrategia de aprendizaje casi íntegramente a través de la interfaz web del LMS (desde la utilización de las herramientas de colaboración hasta la gestión de las actividades grupales), añadiéndole un canal de comunicación con el módulo de adaptación para llevar la gestión de los perfiles de usuario y la configuración de los equipos. Existen, sin embargo algunas funcionalidades del sistema que no se pueden simular a través del LMS. Son en general aquellas directamente vinculadas al mundo virtual, por ejemplo: la restricción de la comunicación directa con el tutor a alumnos con determinado rol (*comunicador*) (ver apartado 4.2.1), la recompensa al esfuerzo y logros intelectuales a través de distintivos físicos en los avatares o el intercambio privado de archivos entre los miembros de un equipo (a través del barco, ver apartado 4.2.1).

Nuestro modelo nos permite, por lo que se refiere a la interfaz de usuario:

- Optimizar el rendimiento pedagógico, puesto que es posible seguir la misma estrategia de aprendizaje a través el mundo virtual o a través la interfaz proporcionada por el LMS. Asimismo, permite combinar el marco de aprendizaje Nucleo con el seguimiento de otros cursos desarrollados bajo el marco del campus virtual.
- Optimizar costes de desarrollo, puesto que se aprovechan las herramientas de colaboración y los sistemas de gestión de datos del LMS.

Este apartado tiene la siguiente estructura: en primer lugar, se analiza el porqué se está incrementando el interés por la utilización de MUVes en aplicaciones educativas (apartado 4.1). En segundo lugar, se describe el modelo de interfaz desarrollado, tanto desde el punto de vista del escenario (división en distintas áreas con objetivos pedagógicos diferentes) como desde el punto de vista de los personajes o avatares y sus elementos de configuración (apartado 4.2).

#### 4.1. Aplicación de los mundos virtuales multiusuario (MUVes) a la educación

A pesar de existir una enorme diversidad entre los sistemas englobados bajo el nombre de *mundos virtuales multi-usuario* o MUVes, la mayoría de ellos comparten una serie de características comunes [Robbins-Bell, 2008]:

- *Persistencia*. Un mundo virtual es persistente, es decir, no desaparece o se apaga, aunque el usuario no esté conectado en ese momento.
- *Multi-usuario*. Un mundo virtual debe estar “poblado” por usuarios, o al menos tener el potencial para estarlo.
- *Avatares*. En un mundo virtual, la representación de un usuario se realiza a través de un *avatar* que le permite realizar acciones dentro del mundo (ya sean luchar, expresar emociones o simplemente moverse de un lado a otro).
- *Inexistencia de una lógica de juego predefinida*. A diferencia de los MMORG (*Massive Multiplayer Online Role Games*), un mundo virtual no tiene por qué tener definida ninguna lógica de juego. Un mundo virtual es, en principio, un escenario de relación en el que los participantes pueden interactuar con los elementos del propio mundo o entre sí, pero sin tener que seguir las pautas dadas por unas reglas de juego.

Pensamos que estas cuatro características han contribuido a la reciente explosión en la utilización de mundos virtuales con propósitos educativos, tal y como reflejan los análisis de varios informes recientes [Freitas, 2008; Horizon, 2007].

En primer lugar, la persistencia de un mundo virtual tiene un enorme potencial desde el punto de vista educativo porque la interacción no está restringida a una actividad concreta que deba realizarse en un momento específico. Un mundo virtual es, en sí mismo, un espacio de interacción que siempre está activo. Los alumnos no tienen por qué fijar previamente una cita con otros alumnos o con el profesor para establecer un contacto sincrónico, sino que sencillamente pueden desenvolverse en el mundo e interactuar con otros alumnos que estén conectados.



En segundo lugar, cuanto más poblado esté un mundo (en definitiva, cuanto más multi-usuario sea) más posibilidades de comunicación síncrona y socialización ofrece. Este sincronismo masivo no sólo contribuye a un desarrollo más efectivo de vínculos sociales, sino que genera la sensación de presencia o compañía constante, de compartir un mismo espacio con otra gente. Esto es algo difícilmente alcanzable para cualquier actividad colaborativa residente en un campus convencional, del estilo de una sala de conversación síncrona (*chat-room*) o una *pizarra de discusión*.



**Figura 5. 7.** Las posibilidades de configuración de los *avatares* en Second Life son muy amplias.

En tercer lugar, la utilización de *avatares*, en lugar de representaciones metafóricas como iconos o dibujos, para representar a los usuarios permite a éstos ejecutar directamente acciones sobre el mundo. El usuario puede hacer que su *avatar* corra, vuele, luche o converse a través de un clic de ratón o mediante los cursores del teclado. Además muchos de estos entornos ofrecen además la posibilidad de personalizar o configurar la apariencia física de los *avatares*. Esto se convierte en un mecanismo de expresión de la personalidad de los usuarios, en una señal de expresión de su identi-

dad [Haake, 2008]. El paradigma de este tipo de filosofía es *Second Life*<sup>4</sup>, un MUVE que ofrece muy pocas restricciones a la hora de configurar los *avatares* a los que se puede dotar casi de cualquier forma (ver Figura 5. 7).

Por último, un mundo virtual no se restringe a un juego. No está constreñido por sus normas, sino que permite la libre configuración de distintas posibles dinámicas (incluyendo también, si se desea, la de uno o varios juegos). Esta característica ofrece ventajas desde el punto de vista educativo sobre entornos similares, como pueden ser los MMORG, puesto que el profesor puede configurar la estrategia de aprendizaje que crea más conveniente.

En el apartado 5.5 del Capítulo 2, se incluye una amplia compilación de referencias de sistemas educativos basados en la utilización de MUVEs.

## 4.2. Elementos de la interfaz de Nucleo y su utilidad pedagógica

### 4.2.1. Entorno

El diseño de la interfaz se ha concebido en torno a cuatro áreas con utilidades pedagógicas diferentes (ver Figura 5. 8) (todas las zonas se tratan con mayor detalle en la descripción del prototipo Mare Monstrum Capítulo 7 apartado 3.4):

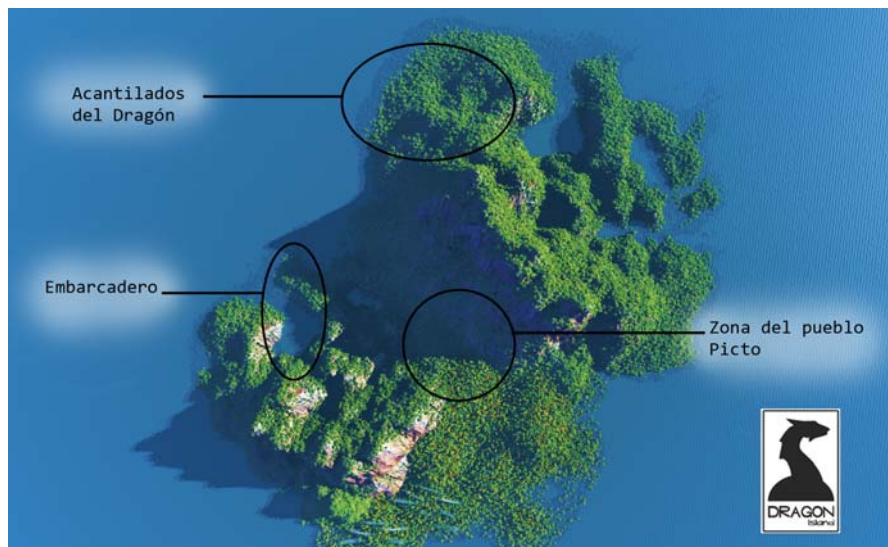
- *Zona de interacción global.* En el prototipo se corresponde con la llamada *Zona del Pueblo Picto* (ver Figura 5. 8). En ella todos los participantes de los distintos cursos pueden interactuar de manera libre. En este área están situados una serie de paneles que conectan directamente con herramientas o actividades del LMS y que están representadas a través de objetos del mundo virtual (el foro común, las calificaciones –o *rankings*– y el calendario de eventos, ver Figura 5. 9). Todas las herramientas situadas en esta zona, son accesibles a los participantes de todos los cursos, aunque cada alumno sólo ve la información relativa al curso en el que él está inscrito. Los miembros de una misma clase tienen acceso a los *rankings* individuales y de grupo, que se muestran públicamente con el fin de fomentar el espíritu competitivo.
- *Zona de comunicación directa con el tutor.* En el prototipo se corresponde con los *Acantillados del Dragón* (ver Figura 5. 8). A esta zona únicamente tienen acceso los participantes que detentan el rol de comunicador, y está concebida con el objetivo de enviar mensajes al buzón del tutor que este puede contestar de manera

---

<sup>4</sup> <http://secondlife.com>

asíncrona (en mensaje se envía en una botella mediante un *trebuchet* o catapulta). El objetivo de centralizar la comunicación con el tutor a través del rol del comunicador reside en tratar de forzar a los alumnos para que redacten consensuadamente las dudas y evitar, de esta forma, que el tutor se vea desbordado por multitud de mensajes que puedan plantear la misma o similares cuestiones.

- *Zona de interacción entre los integrantes de un mismo grupo.* En el prototipo se corresponde con la zona señalada como *Embarcadero* (ver Figura 5. 8). Todos los grupos tienen una zona de interacción privada a la que no tienen acceso el resto de los grupos. En esta zona pueden intercambiar archivos, y tienen herramientas de comunicación (foro privado, blogs y calendarios).



**Figura 5. 8.** Zonas de Isla Dragón en el prototipo Mare Monstrum.

#### 4.2.2. Avatares

Los *avatares* en Nucleo presentan las siguientes características, ligadas a conseguir unos objetivos pedagógicos concretos:

- *Personalización.* De acuerdo con algunos trabajos recientes [Bouras, 2005; Robbins-Bell, 2008], la posibilidad de personalizar los avatares en entornos MUVE, es un factor que incidiría positivamente en la motivación, ya que contribuye a aumentar la identificación del alumno con su personaje. En Nucleo los alumnos tienen la posibilidad de personalizar el aspecto físico de sus avatares. Para el prototipo Mare Monstrum se dispone de tres *patrones* diferentes (hombre, mujer y orco, ver Figura 5. 9) y se puede modificar el aspecto físico de cada uno de ellos y las ropas que visten.



**Figura 5. 9.** Avatares ogro y mujer chateando ante los paneles de información en la zona del pueblo picto (paneles de información).

- *Recompensa por diferencias físicas.* En Nucleo, los logros intelectuales de los alumnos son recompensados en el entorno con la adquisición de ciertas características físicas diferenciadas (alas, armaduras, auras, vestimentas o pociones). Este es un procedimiento que se sigue habitualmente en MMORG con esquemas meritocráticos (e.g. *World of Warcraft*<sup>5</sup>) con el objetivo de potenciar la motivación por reconocimiento social entre los miembros de la comunidad [Baron, 1999].
- *Diferenciación de roles.* Los avatares en Nucleo poseen distinciones físicas en función del rol que desempeña el alumno al que representan. Para el prototipo Mare Monstrum, las distinciones son: espadas para los capitanes, una runa para los comunicadores y un halo para los integradores.

<sup>5</sup> <http://www.worldofwarcraft.com>

## 5. A modo de conclusión

En este capítulo se ha completado la propuesta iniciada en el capítulo anterior, en lo que se refiere a las componentes de adaptación y la interfaz de usuario. Se ha propuesto además una arquitectura de referencia que permita una integración del sistema con el LMS.

La propuesta desarrollada a lo largo de estos dos capítulos persigue satisfacer los requisitos situacionales definidos para el sistema. En concreto:

- Persigue tres objetivos educativos: el primero, fomentar el desarrollo de habilidades de trabajo en grupo, de comunicación y de resolución de problemas. El segundo, impulsar un cambio de actitud en los alumnos hacia un papel más activo. Y el tercero, incrementar su motivación.
- Está destinada los estudiantes universitarios de la generación digital.
- Es aplicable a un dominio de aprendizaje con fuerte contenido práctico.
- Tiene como contexto de aplicación el *blended learning*, es decir, se va a utilizar como complemento a las clases presenciales.

La arquitectura desarrollada permite que la aplicación diseñada con vistas a satisfacer estos requisitos, pueda integrarse como complemento (*plug-in*) de un LMS. Los objetivos son: optimizar costes de desarrollo, dar persistencia a los datos y facilitar la adopción de nuevos escenarios educativos en un contexto pre-existente, en el que la educación virtual se ha gestionado tradicionalmente a través de los LMS.

Sobre estas bases, se ha seguido un modelo de prototipado rápido basado en la metodología ADDIE (ver Capítulo 1 apartado 2) para desarrollar la aplicación. El objetivo es probar el conjunto de hipótesis sobre las que se sustenta el modelo de la aplicación de la manera más eficiente posible.

Con este objetivo, se han desarrollado dos prototipos diferentes en dos fases sucesivas, cada una de ellas destinada a probar conjuntos independientes de hipótesis. La primera fase, se ha diseñado como prueba de concepto sobre la estrategia de aprendizaje, y la segunda como prueba de conceptos sobre el mundo virtual. En el Capítulo siguiente se describen los dos prototipos desarrollados para ambas fases.

## Capítulo 6.

### Descripción de los prototipos

En este capítulo se describen los dos prototipos desarrollados para las dos fases de prototipado del sistema Nucleo. Se describen los objetivos de ambas fases y las implementaciones realizadas para las pruebas de concepto correspondientes.

#### 1. Introducción

Una de las metodologías más extendidas para el desarrollo de sistemas de aprendizaje virtual es la metodología ADDIE (ver Capítulo 1 apartado 3). El proceso de desarrollo se descompone en cinco fases: análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación. Sin embargo, para proyectos como el nuestro, el coste y la duración de este proceso resultan excesivos.

Por este motivo, en el desarrollo de nuestro proyecto hemos utilizado una adaptación bastante común de ADDIE [Molenda, 2003; Hall, 1997] combinada con técnicas específicas de ingeniería del *software*. En concreto, el proceso prototipado rápido [Kruse, 2002]. Se trata en esencia, de implementar prototipos de bajo coste con funcionalidad limitada con el fin de probar distintos conjuntos de hipótesis.

De acuerdo con esta filosofía, el desarrollo de Nucleo ha sido dividido en dos fases de prototipado, destinadas a probar conjuntos incrementales de hipótesis:

- *Fase 1: Prueba de Concepto de la Estrategia de Aprendizaje.* Tiene como objetivo probar cuatro hipótesis básicas sobre la estrategia de aprendizaje:
  1. La ambientación y el juego tienen un impacto positivo en la motivación del alumno.
  2. Se consiguen objetivos de aprendizaje concretos.
  3. El marco fomenta la práctica de *soft-skills* entre los alumnos.
  4. El ILS de Vermunt resulta adecuado como base para la asignación de equipos.
- *Fase 2: Prueba de Concepto del Mundo Virtual.* Tiene como objetivo probar las hipótesis relacionadas con la interfaz elegida y, adicionalmente, obtener nuevos datos sobre hipótesis relacionadas con la estrategia de aprendizaje:

1. Situar el escenario del aprendizaje en un mundo virtual con avatares configurables fomenta la creación de vínculos sociales que conducen a una colaboración más efectiva.
2. Los elementos gráficos destinados a potenciar el reconocimiento social son positivos para la motivación.
3. La asignación de roles funcionales incrementa la eficiencia del trabajo en grupo.
4. La competición es un incentivo.

Para la fase 1, se ha diseñado un prototipo muy básico que utiliza la plataforma *Google Groups*<sup>1</sup> como entorno de colaboración virtual: Mundo Nucleo en Google. Las hipótesis se han probado a través de su utilización en tres casos de estudio que se detallan en el capítulo siguiente (apartado 2).

El prototipo desarrollado para la fase 2, implementa el escenario virtual a través de un entorno MUVE sobre el LMS *Moodle*<sup>2</sup> utilizando la arquitectura de referencia descrita en el Capítulo 5: Mare Monstrum. No se han incluido en el prototipo el módulo de adaptación ni el gestor de estrategias de aprendizaje, al menos con implementación operativa. Sin embargo, el diseño modular del sistema permite añadirlos sobre el prototipo actual en fases posteriores del desarrollo.

En ambas fases, el dominio en el que se han realizado las pruebas de concepto, son asignaturas de aprendizaje de programación en diferentes contextos de educación superior.

## 2. Prototipo para la Fase 1: Mundo Nucleo en Google

Mundo Nucleo en Google tiene como objetivo principal servir como prueba de concepto de las hipótesis tres básicas sobre las que se sustenta este trabajo. Mundo Nucleo utiliza como plataforma virtual para interacciones a distancia el *software social* de uso gratuito *Google Groups*.

Los motivos de elegir esta plataforma, en lugar del LMS utilizado habitualmente en la Complutense (*WebCT*<sup>3</sup>) se basan en las siguientes consideraciones:

---

<sup>1</sup> <http://groups.google.com>

<sup>2</sup> <http://moodle.com>

<sup>3</sup> <http://www.blackboard.com>

- Disponibilidad inmediata. Para crear un espacio, sólo es necesario rellenar un sencillo formulario. No se requieren permisos ni licencias. Un usuario puede crear tantos grupos como quiera.
- Accesibilidad y generalidad. Al tratarse de una aplicación web, no se necesitan requisitos *hardware* específicos. Cualquier alumno con conexión a Internet puede acceder a las aplicaciones. Además, tiene la ventaja sobre WebCT que es de uso gratuito. Esto implica que no es necesario disponer de una licencia y que las pruebas pueden extenderse (como, de hecho, se hizo) a ambientes de formación fuera de la Universidad Complutense.
- Amplia oferta de herramientas de *software social*. La plataforma dispone de multitud de herramientas que facilitan la coordinación del trabajo de los grupos, como por ejemplo: foros, creación de páginas web, *blogs*, sistema para compartir archivos, edición compartida de documentos, etc.

Utilizando *Google Groups*, se implementó la estrategia de aprendizaje Nucleo (detallada en el Capítulo 4 apartado 3), particularizada para el dominio concreto de aplicación (el aprendizaje de programación *software*), con las siguientes características específicas:

- El aprendizaje se estructura en torno a problemas de cierta dificultad, que deben ser resueltos colaborativamente. Los problemas son casos prácticos de programación narrados de acuerdo con el estilo de la metáfora (*misiones*). Como ejemplo ilustrativo, una de las misiones propuestas en los casos de estudio de la primera fase fue:

*La hora definitiva ha llegado... El Consejo necesita de su sabiduría por última vez.*

*El enemigo ha minado el terreno en torno a la ciudad de Eviannar capital del Nucleo, donde residen las bases de datos que albergan el legado del conocimiento de nuestra civilización, y cuartel general del Consejo de Arcanos. Las minas, que se hallan situadas en las celdas de una cuadrícula de  $16 \times 30$  dispuesta en forma de anillo en torno a la metrópolis, están conectadas a una bomba de neutrones situada bajo la ciudad; una bomba lo suficientemente potente para borrar a Eviannar y sumir a Nucleo en el caos... Sin embargo los Arcanos de Eviannar han decidido no evacuar la ciudad; nuestra civilización se nutre del conocimiento y sin él no somos nada. Preferimos la muerte a abandonar nuestras bases de datos en poder de la Ciénaga.*

*Pero existe una esperanza... Ciertos miembros de la raza exter, dotados de especiales poderes de adivinación, son capaces de determinar el número de celdas minadas que hay en la vecindad de aquella sobre la que se encuentran. De tal manera que uno de estos exter que se encontrara situado sobre una celda no minada podría decir cuántas bombas existen en las 8 celdas vecinas, sin llegar a determinar su ubicación. El capitán Errond está al mando de un comando de exters dispuestos a sacrificarse para que el legado del Nucleo no perezca.*

*Es para esta misión para la que el Consejo solicita de sus habilidades y su sabiduría. Les necesitamos para fabricar un software que minimice el riesgo que corren Errond y los exter al atravesar el campo de minas y, con ello, el de reducir la metrópolis a un puñado de bits... Su software deberá incluir un simulador a modo de campo de pruebas que disponga la posición de las minas sobre el anillo (sabiendo que existen un total de 99 minas distribuidas al azar). Una vez se ha establecido la distribución inicial de las minas, deben implementar un agente software dotado de una estrategia que minimice el riesgo de volar por los aires al atravesar el terreno minado. Supondrán al agente dotado de los mismos poderes de adivinación que los exter. Tengan en cuenta*



*que sólo puede determinar cuántas minas hay alrededor de una celda que ya se ha pisado y que las minas revientan cuando se pisa la celda bajo la que se ocultan.*

Se trata, como se ve, de un problema clásico de programación (el problema del buscaminas) pero narrado de manera que esté inmerso en la atmósfera del juego.



**Figura 6. 1.** Eviannar rodeada de un campo de minas. Imagen creada para la misión “Eviannar amenazada”.

- Los ocho pasos contenidos en la estructura del esquema PBL clásico se han agrupado en tres, que se corresponden con los tres primeros pasos del ciclo de vida del *software* para el *modelo en cascada*:

1. *Análisis del problema y la especificación.* Durante esta fase, los alumnos deben realizar las siguientes tareas:

- Reunión para llevar a cabo una tormenta de ideas con el fin de dar respuesta a las siguientes cuestiones: ¿cuál es el problema que hay que resolver? ¿qué se debe obtener? ¿qué datos de entrada se necesitan?
- Determinar los conocimientos necesarios para la resolución del problema. Buscar las fuentes y referencias para los conceptos desconocidos.
- Establecer una planificación para la resolución y un reparto de tareas.
- Una vez finalizada esta etapa, los alumnos deben detallar en una *wiki* (el *cuaderno de bitácora*) las conclusiones principales obtenidas en los tres apartados (tormenta de ideas, determinación de conocimientos a adquirir y fuentes consultadas) y hacérselo llegar al *Consejo de Arcanos* (el profesor), quien dará el visto bueno y/o corregirá según crea conveniente, encauzando a los alumnos si fuera necesario.

2. *Diseño y desarrollo.* En esta fase se diseña el algoritmo de resolución y se determinarán los componentes y módulos contenidos en el programa y su interrelación, haciendo una primera aproximación a la implementación. Como resultado, el grupo elaborará un documento con el diseño y el flujo del programa a alto nivel, que se hará llegar al *Consejo de Arcanos* para que, de nuevo, dé el visto bueno u oriente a los alumnos que estén desencaminados.
3. *Implementación y pruebas.* En esta fase se implementará el programa y se depurarán los errores. Al finalizar, el código fuente y la documentación del programa se entregan al *Consejo de Arcanos*, que evaluará el resultado final y elaborará los rankings.
  - Se crearon dos zonas de interacción: un espacio común para la coordinación de toda la clase (publicación de misiones, información general, *rankings*, avisos, etc.) y otro para uso privado de cada una de las tripulaciones, al que sólo tendrían acceso sus miembros y el *Arcano*, como invitado (ver Figura 6. 2).
  - La formación de equipos y la asignación de roles se realizaron de acuerdo con las reglas expuestas en el Capítulo 4 apartado 3.2. y el Capítulo 5 apartado 3.2.2.

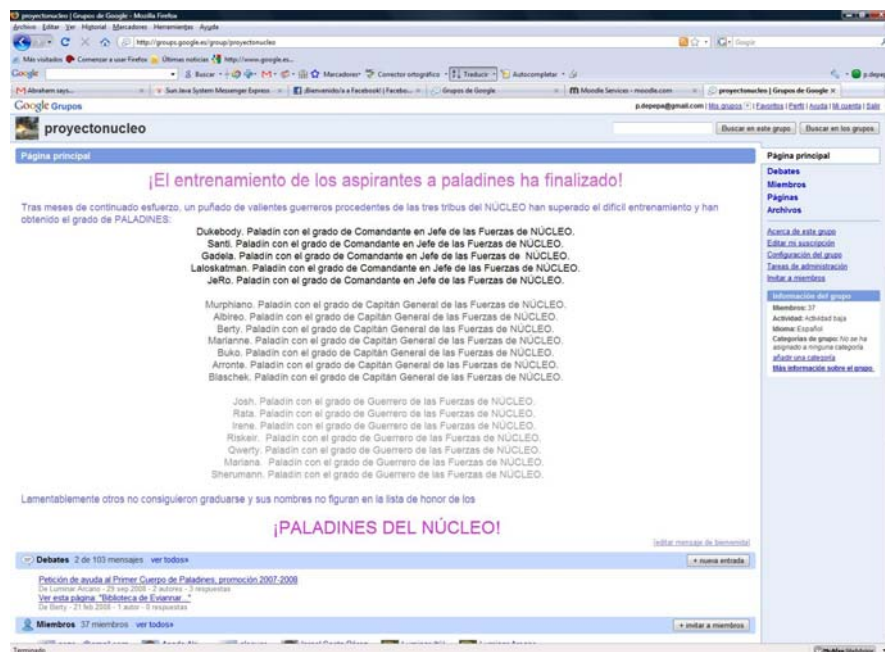


Figura 6. 2. Espacio de coordinación para toda la clase en el primer prototipo creado con Google Groups.

### 3. Prototipo para la Fase 2: Mare Monstrum

Mare Monstrum tiene como objetivo prioritario servir como prueba de concepto para las hipótesis relacionadas con el uso de un mundo virtual como interfaz de usuario. Para ello, de la arquitectura genérica del sistema esbozada en el Capítulo 5 apartado 2, se han implementado e integrado las componentes del motor del MUVE con el LMS utilizando dos plataformas existentes:

- *Multiverse*<sup>4</sup>, un motor para generar mundos virtuales en tres dimensiones. A pesar de que se barajaron otras opciones, entre ellas las plataformas *OpenCroquet*<sup>5</sup> y el proyecto *Wonderland*<sup>6</sup> de *Sun Microsystems*. Finalmente, se escogió *Multiverse* debido a su aparente madurez, a la cantidad de proyectos que se están desarrollando en esta plataforma, y a la superioridad del motor gráfico con que cuenta, en comparación con los de las otras dos alternativas analizadas.
- *Moodle*<sup>7</sup>, un LCMS (*Learning Content Management System*) de código abierto. *Moodle* se eligió de entre todos los posibles LCMS por las siguientes razones:
  - Es un sistema de código abierto.
  - Lleva utilizándose varios años en situaciones reales, y se trata de un sistema, en nuestra opinión, suficientemente maduro y estable.
  - Permite trabajar de manera colaborativa, y dispone de servicios de gestión de grupos, de interacción social y de asignación de roles.
  - Es una de las posibles opciones a futuro para ser utilizada como campus virtual por la UCM.

En este apartado, describiremos los siguientes aspectos relacionado con el prototipo Mare Monstrum: en los apartados 3.1 y 3.2, respectivamente, se ofrece una breve descripción de las dos plataformas utilizadas como base para la construcción del prototipo (*Multiverse* y *Moodle*), a continuación en el apartado 3.3 se detallan los aspectos tecnológicos relacionados con la integración de ambas plataformas, finalmente, en el apartado 3.4 se describen las características principales del prototipo en cuanto a funcionalidad.

---

<sup>4</sup> <http://www.multiverse.net>

<sup>5</sup> <http://www.opencroquet.org>

<sup>6</sup> <https://lg3d-wonderland.dev.java.net/>

<sup>7</sup> <http://www.moodle.org>

### 3.1. La plataforma *Multiverse*

Multiverse es una plataforma para el desarrollo de mundos virtuales en tres dimensiones, desarrollada por *The Multiverse Network*.

Entre las plataformas que compiten con *Multiverse* en el mercado de los mundos virtuales, destacan:

- *Second Life*<sup>8</sup>, plataforma desarrollada por *Linden Labs*. Este mundo virtual está dividido en una enorme matriz, en la que cada casilla contiene una parte o “trozo” del mundo. Estos trozos pueden ser comprados por los usuarios haciendo uso de la moneda propia de *Second Life*, los *Lindens*, que tienen una equivalencia con el dinero real. Los usuarios pueden también crear, a través de un lenguaje de *scripting* propio, sus propios objetos para personalizar su avatar o sus propiedades, o para venderlos a otros usuarios. *Second Life* quizás sea el mundo virtual con mayor impacto dentro de la comunidad educativa en estos momentos. Gran número de universidades disponen de una *Isla* en *Second Life* donde han desarrollado diferentes propuestas educativas basadas en el uso de mundos virtuales como interfaz de socialización y comunicación entre los usuarios. En concreto, el proyecto *SLED*<sup>9</sup> agrupa a más de 400 universidades que utilizan *Second Life* con propósitos educativos diversos.
- *OpenCroquet*<sup>10</sup> es una plataforma, cuyo objetivo prioritario es la creación de mundos con capacidad de trabajo colaborativo. Está basada en un entorno de desarrollo en *Smalltalk* denominado *Squeak*<sup>11</sup>. Se barajó en principio como alternativa a Multiverse para nuestro prototipo, pero fue descartada debido a las limitaciones de su motor gráfico.
- *Project Wonderland*<sup>12</sup> es un proyecto de *Sun*, desarrollado sobre la plataforma *Darkstar*<sup>13</sup>. Al igual que *OpenCroquet* su objetivo está enfocado sobre las posibilidades de trabajo colaborativo que ofrecen los mundos virtuales. Aunque en el futuro podría ser una alternativa interesante, se descartó para la implementación actual del prototipo por ser un proyecto excesivamente reciente, que presenta aún muchas limitaciones a nivel de funcionalidad.

---

<sup>8</sup> <http://secondlife.com/>

<sup>9</sup> <https://lists.secondlife.com/cgi-bin/mailman/listinfo/educators>

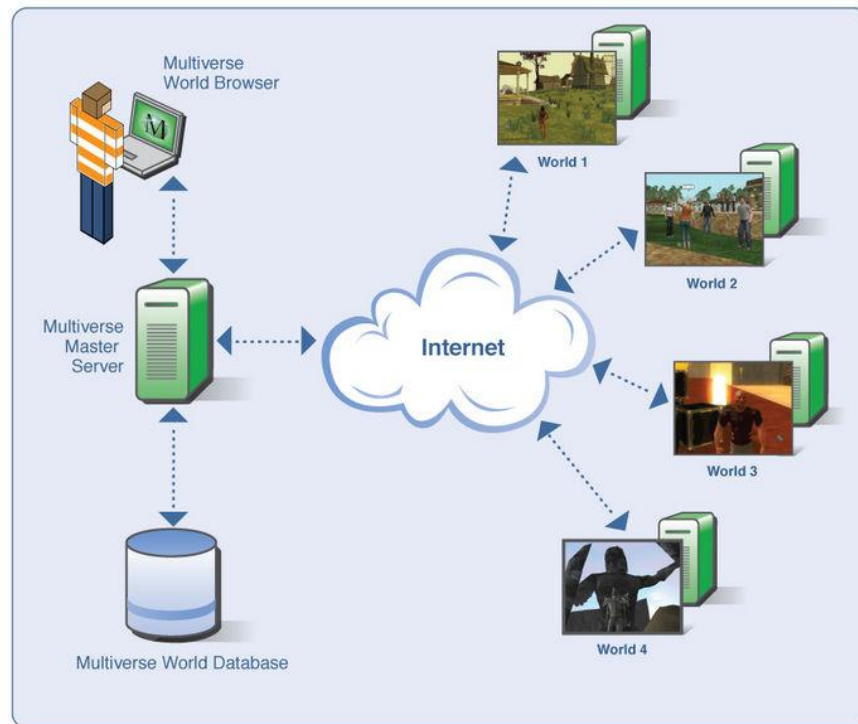
<sup>10</sup> [http://www.opencroquet.org/index.php/Main\\_Page](http://www.opencroquet.org/index.php/Main_Page)

<sup>11</sup> <http://www.squeak.org/>

<sup>12</sup> <http://research.sun.com/projects/mc/mpk20.html>

<sup>13</sup> <http://research.sun.com/projects/dashboard.php?id=168>

La plataforma *Multiverse* está compuesta de un motor gráfico desarrollado por terceros, denominado *Axiom*<sup>14</sup> y de un API de red desarrollado por la propia *Multiverse*, llamado *MARS* (*Multiverse Agnostic Rule System*).



**Figura 6. 3.** Arquitectura cliente servidor para la red de mundos virtuales *Multiverse*. Fuente (<http://www.multiverse.net>).

- *Axiom* es una reescritura del motor en C# en lugar de en C++ (un *port* a C#) del conocido motor gráfico *OGRE*<sup>15</sup>. Las ventajas de este motor son su portabilidad (es multiplataforma), soporte tanto de *DirectX* como de *OpenGL*, así como una arquitectura que lo hace flexible y extensible, al estar construido sobre la

<sup>14</sup> [http://axiomengine.sourceforge.net/mediawiki-1.13.2/index.php/Main\\_Page](http://axiomengine.sourceforge.net/mediawiki-1.13.2/index.php/Main_Page)

<sup>15</sup> <http://www.ogre3d.org/>

plataforma *.NET* de *Microsoft*. También es posible crear *scripts* mediante *IronPython*, una implementación de *Python* en *.NET*.

- *MARS* es un API de red escrito en *Java* y configurable mediante *Jython* (*Python* en *Java*).

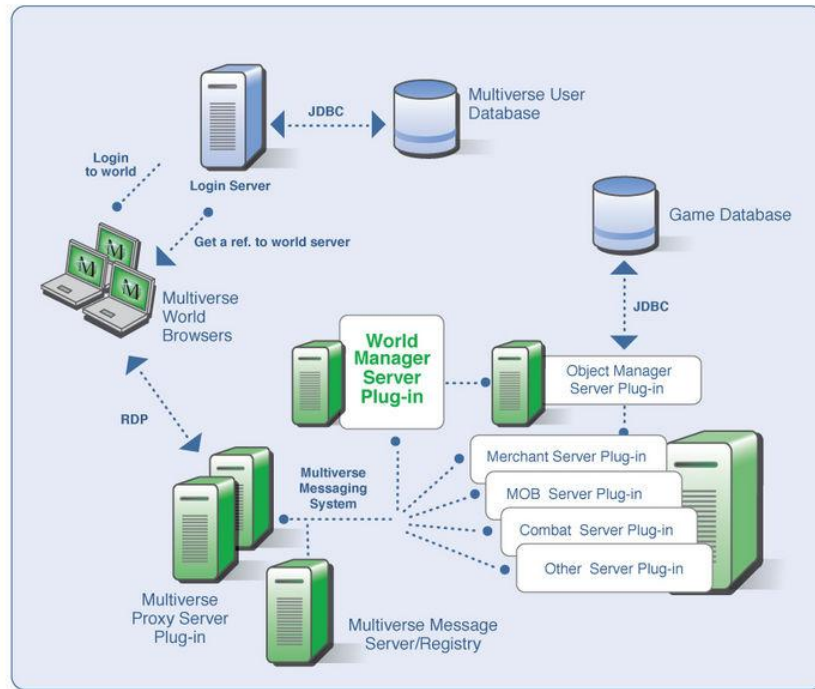
En resumidas cuentas, *Multiverse* hace uso de cuatro lenguajes distintos: *C#*, *Java*, *IronPython* y *Jython*, si bien estos dos últimos son, en realidad, dos implementaciones distintas del mismo lenguaje, sin apenas diferencias entre sí.

*Multiverse* se estructura en torno a una arquitectura cliente-servidor y se pone a disposición del usuario tanto la aplicación del servidor como del cliente. De esta manera se otorga la flexibilidad (y la responsabilidad) de personalizar y mantener ambas partes. Sin embargo, *Multiverse* es más que una aplicación para desarrollar mundos virtuales: es una red de mundos virtuales. Cada mundo creado por los usuarios con su propio cliente y servidor, se comporta a su vez como cliente de un servidor global que mantiene registradas las direcciones de las máquinas físicas en las que están alojados los servidores de cada uno de los mundos.

De esta manera, un usuario de *Multiverse* tiene acceso a un amplio catálogo de mundos virtuales registrados en el servidor global, todos ellos accesibles desde el mismo cliente. Al arrancar, el cliente se conecta al servidor global o maestro y le pide una lista de servidores de mundos. Una vez elegido un mundo, el cliente solicita al servidor la dirección de la máquina en la que está dicho mundo, y se conecta a él (ver Figura 6. 4), aunque también es posible forzar la conexión a un mundo en concreto al arrancar.



Figura 6. 4. Conexión al servidor *Multiverse*. Fuente <http://www.multiverse.net>.



**Figura 6. 5.** Componentes del servidor *Multiverse*. Fuente <http://www.multiverse.net>.

El servidor en sí está compuesto de varias partes (ver Figura 6. 5): un servidor *proxy*, que recibe y envía datos a los clientes, y varios *plug-in* cada uno dedicado a una tarea en concreto. Uno de los *plug-in* está dedicado al sistema de combate, otro a las instancias de mundos, otro para los objetos, otro para el sistema de *login*, y el último para la comunicación mediante voz con el protocolo VoIP.

*Moodle* permite mantener una lista de usuarios registrados, y darles acceso a distintas áreas denominadas “cursos”, creados por la figura del administrador de sistema. Dentro del sistema, cada usuario puede asumir diversos roles, como estudiante, profesor, invitado, etc.



### 3.2. La plataforma Moodle

*Moodle* es un LCMS de fuentes abiertas, programado en lenguaje PHP <sup>16</sup>. Su instalación requiere de un servidor web y de una base de datos *MySQL* <sup>17</sup> o *PostgreSQL* <sup>18</sup>.

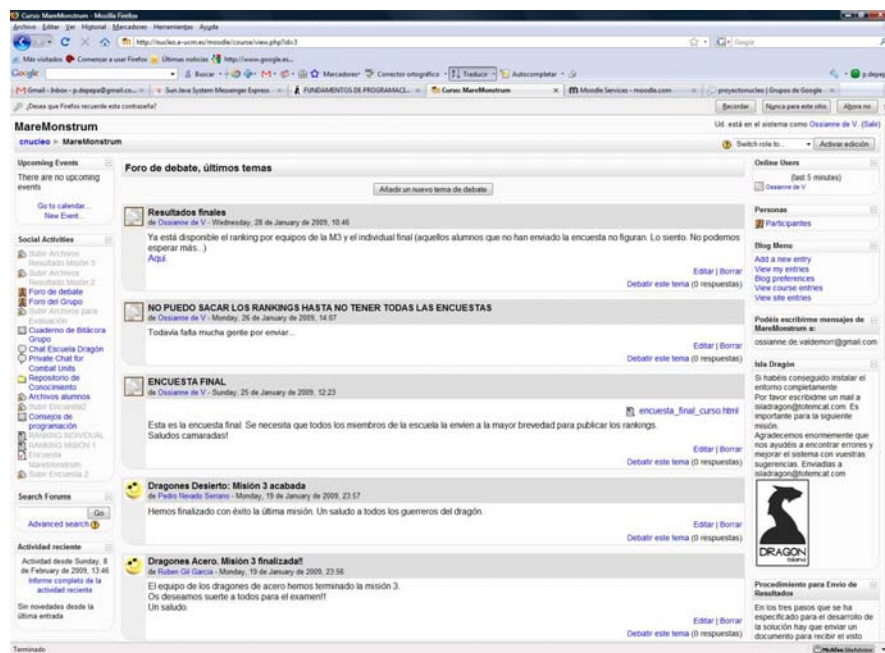


Figura 6. 6. Interfaz Moodle de Mare Monstrum.

Dentro de cada curso puede haber uno o varios profesores, y cada uno de ellos puede tener diferentes permisos para modificar el contenido del curso. Los profesores disponen de diversas herramientas para organizar la enseñanza impartida a través del entorno (repositorios de archivos, cuestionarios de preguntas, calendario de actividades, etc.). Los alumnos, por su parte, disponen de diversas formas de organizarse

<sup>16</sup> <http://www.php.net/>

<sup>17</sup> <http://www.mysql.com/>

<sup>18</sup> <http://www.postgresql.org/>



y comunicarse entre sí y con los profesores (sistema de envío de mensajes, foros, blogs, wikis, etc.).

### 3.3. Integración de Moodle y Multiverse

Mare Monstrum es principalmente un mundo de *Multiverse* que ofrece integración con el entorno de enseñanza de *Moodle*.

Como base de la integración entre ambas plataformas, nuestro sistema utiliza la facilidad proporcionada por *Multiverse* para crear mundos mediante dos tipos de *scripts*, de cliente y de servidor, y constituyen las componentes principales del prototipo.

#### 3.3.1. Scripts y archivos de servidor

- *startup\_instance.py*. Nada más arrancar el mundo, *Multiverse* ejecuta este *script*, que realiza las siguientes tareas:
  - Inicializa las “instancias” o mundos independientes dentro del mundo.
  - Para cada instancia, ordena ejecutar un *script*. Este *script* inicializa valores y objetos dentro de la instancia ya creada.
- En nuestro caso, *startup\_instance.py* crea múltiples instancias del mundo privado de cada grupo de estudiantes de un curso, así como varias instancias del mundo de intercambio de archivos común a cada curso. Por último se crea una instancia de la isla central, común a todos los cursos de *Moodle*.
- *instance\_load.py*. Este *script* es llamado por el anterior a la hora de crear la isla. Crea los diversos objetos dinámicos de la isla (personajes no jugadores o PNJs, tableros de información), e inicializa una serie de envíos periódicos de mensajes a los clientes, para recopilar información. Estos responden lanzando mensajes que son recogidos por varios métodos de este *script*. También implementa diversas funciones que serán llamadas por los clientes, bien solicitando información al servidor o para notificar eventos.
- *barco\_load.py*. Análogo al *script* anterior, pero dedicado a la creación de objetos en los barcos (los barcos son la zona de trabajo reservada para los integrantes de un mismo equipo). Para cada instancia del barco, se llama a este *script* cuya función es añadir a la cubierta del barco los objetos de planificación y el panel de foro privado.
- *templates.py*. Aquí se crean lo que en terminología de *Multiverse* se denominan “plantillas”. Una plantilla es una definición genérica de un objeto determinado, del que luego se harán múltiples copias para colocarlas en el mundo virtual. Entre otras cosas, se definen plantillas para los PNJs (personajes no jugadores), para los ítems que pueden ser utilizados por los jugadores, para los paneles de información...

Además, existen también una serie de componentes en el servidor, que si bien no son específicos del mundo virtual Mare Monstrum, sí son esenciales para su funcionamiento. Son los siguientes:

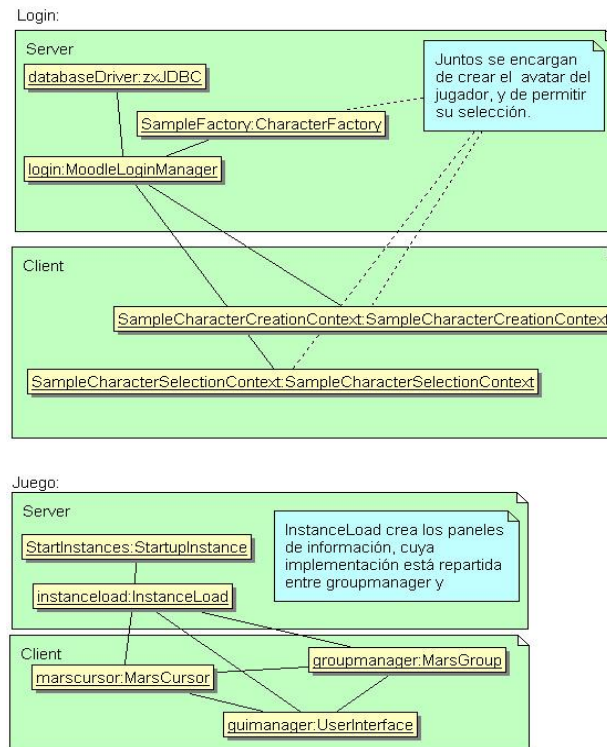
- *archivos.mmv*. Se trata de archivos de definición de mundos. Contienen información acerca de la topología del mundo, su aspecto (niebla, iluminación), y refe-

rencias a archivos *.mwc*. Cada uno de estos archivos *.mvw* puede emplearse para crear una instancia desde *instance\_load.py*.

- *archivos .mwc*. Contienen información acerca de una colección de objetos perteneciente a un mundo. Estos objetos pueden ser modelos geométricos (casas, vallas, piedras), efectos gráficos (sistemas de partículas, regiones que contienen agua), fuentes de sonido y puntos de interés que serán usados por el servidor en tiempo de ejecución (*waypoints*).

### 3.3.2. Scripts y archivos de cliente

- *MarsGroup.py*. Implementa toda la funcionalidad de gestión de grupos de usuarios que posee *Multiverse*. Además también controla parte de la conexión de esta funcionalidad con la que posee *Moodle*, actualiza los paneles de información de *Moodle*, y calcula atributos del jugador dependientes de la información de *Moodle* (cambios en el mundo dependientes del rol del jugador en su grupo, cambios dependientes de la puntuación media del grupo), y actualiza el *ranking* de grupos por puntuación.
- *SampleCharacterCreation.py*. Define un entorno de creación y otro de selección de personajes. Define el aspecto y características que el jugador puede seleccionar y configurar al iniciar Mare Monstrum.
- *MarsCursor.py*. Establece el comportamiento del cursor y permite interactuar con el mundo a través de éste. Entre otras cosas, da la posibilidad de dejar archivos en el mundo desde el inventario y recogerlos del suelo, enviando notificaciones al servidor cuando suceden dichos eventos para que éste se encargue de la lógica que hay detrás.
- *Archivos de Interfaz de Usuario (/FrameXML)*. Se trata de archivos *.py* y *.xml* que definen la funcionalidad y el aspecto, respectivamente, de los menús interactivos que aparecen en el mundo. Por ejemplo: inventario, navegadores web, menú de selección y creación de personajes, chat, etc. Los archivos *.xml* contienen cada uno una referencia a un archivo *.py*, que define diversas funciones que pueden ser llamadas por los componentes gráficos (botones, ventanas) definidos en el *.xml* cuando suceden diversos eventos (se pulsa un botón, o se mueve una ventana).



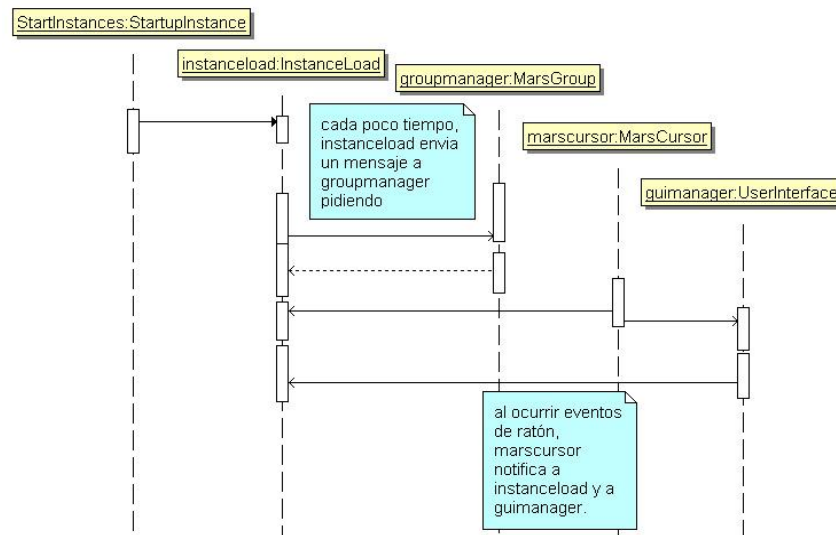
**Figura 6. 7.** Diagrama de la relación entre los componentes de Mare Monstrum.

### 3.3.3. Interacción entre los componentes de Mare Monstrum

Al arrancar el mundo (*StartupInstance*) se crean varias instancias de mundos. Para la instancia principal (isla) se llama al script *InstanceLoad*, el cual inicializa objetos en la isla y después comienza a llamar periódicamente a una función de actualización en *MarsGroup*, la cual devuelve mediante el paso de mensajes los resultados de sus operaciones (ver Figura 6. 7 y Figura 6. 8).

Mientras estas llamadas de actualización se ejecutan, cualquier evento de ratón que se detecte en *MarsCursor*, desencadena un envío de mensaje a *InstanceLoad* directamente o a *UserInterface*, que implementa el HUD (*Heads Up Display*) del jugador, si bien nuestro sistema actualmente no hace uso de este dispositivo. *UserInterface* también puede enviar información a *InstanceLoad*, el cual la utilizará para notificar a *MarsGroup* en la próxima actualización, si fuera necesario.

Como ejemplo, cuando un usuario hace click derecho en un panel de información (ver apartado 3.4 de este capítulo), *MarsCursor* detecta el click, envía un mensaje a *UserInterface*, que muestra en un explorador web el contenido del panel. O cuando un usuario recoge un archivo del suelo (ver apartado 3.4 de este capítulo), el evento se envía a *InstanceLoad*, el cual elimina el archivo del suelo, y pide en la próxima actualización a *MarsGroup* que actualice el inventario.



**Figura 6. 8.** Diagrama de secuencia de la interacción entre los componentes del sistema.

### 3.4. Descripción del prototipo Mare Monstrum

#### 3.4.1. Sistema de registro e ingreso de usuarios

Las cuentas de usuario de *Moodle* están vinculadas a la base de datos de registro de *Multiverse*. Por este motivo, al acceder al entorno Mare Monstrum, se pide en primer lugar la contraseña y nombre de usuario de *Multiverse*. Esto es una funcionalidad común a todos los mundos desarrollados bajo esta plataforma, ya que es necesario que el usuario esté registrado en el servidor global para poder acceder a los mundos. Una vez dentro del mundo, aparece una pantalla en la que se piden contraseña, nombre de usuario y nombre de curso de *Moodle*, para acceder a su base de datos con el fin de obtener los datos del usuario y verificarlos. En caso de que los proporcionados por el usuario de *Multiverse* coincidan con una cuenta de *Moodle*, automáticamente ingresa en el sistema y el usuario es trasladado al mundo Mare Monstrum. En concreto, a la pantalla de configuración del personaje y luego al centro de la isla, si es la primera vez que entra, o a la posición en la que estaba cuando utilizó el sistema por última vez, en caso contrario.

La primera vez que un usuario accede, se le da la posibilidad de crearse un personaje o *avatar*. Hay tres tipos de *avatares* disponibles: uno femenino, otro masculino, y un tercero con aspecto de ogro. Los dos primeros permiten cierto grado de personalización, ya que se puede elegir entre diversos tipos de vestimenta, caras y peinado, así como añadir pequeños complementos como guantes, cinturón, etc. (ver Figura 6. 9).



Figura 6. 9. Pantalla para la personalización del avatar en Mare Monstrum.

### 3.4.2. Características y herramientas principales del entorno

Mare Monstrum soporta varios cursos al mismo tiempo. Para cada curso, los alumnos se distribuyen en grupos, normalmente con tres integrantes, en los cuales cada alumno tiene asignado un rol (ver Capítulo 4, apartado 3.2), de tal manera que los *avatares* llevan asociado un distintivo propio de su rol (una espada para el capitán, una runa para el comunicador y un aura para el integrador). Los profesores tienen acceso al mundo virtual como usuarios con ciertos privilegios, pero sin distintivo.

El mundo está formado por una isla dividida en varias zonas, cada una de las cuales cumple una función específica (ver Figura 6. 10).



**Figura 6. 10.** Mapa de la isla Mare Monstrum (Isla Dragón).

Las herramientas disponibles en la isla con fines pedagógicos, orientados a la socialización y la colaboración son:

- *Chat y chat de voz por IP.* Para utilizar la herramienta de chat (siempre disponible en cualquier zona y para cualquier rol), basta con hacer click derecho sobre los *avatares* de los alumnos con los que se quiere uno comunicar y escribir en el chat. Si disponemos de micrófono y altavoces, también podemos comunicarnos con ellos mediante el sistema de voz por IP (VoIP), que se activa desde el menú de grupo en la barra superior de la pantalla. Su uso depende de la calidad de la conexión a la red.
- *Paneles informativos.* En el centro de la isla hay diversos paneles flotantes que muestran información almacenada en *Moodle*. El contenido de estos paneles está personalizado para cada usuario, de tal manera que muestra información referente al curso, grupo o alumno concreto que pueda ser de interés para el usuario. Cada panel se actualiza con nueva información dinámicamente (el intervalo de actualización es configurable). Haciendo click derecho con el ratón sobre el panel, se abre un explorador a pantalla completa en el que podemos interactuar con el contenido del panel además de navegar por el curso en el propio *Moodle*. En total hay 4 paneles en la zona central de la isla, más otro en el barco que se describe más adelante:

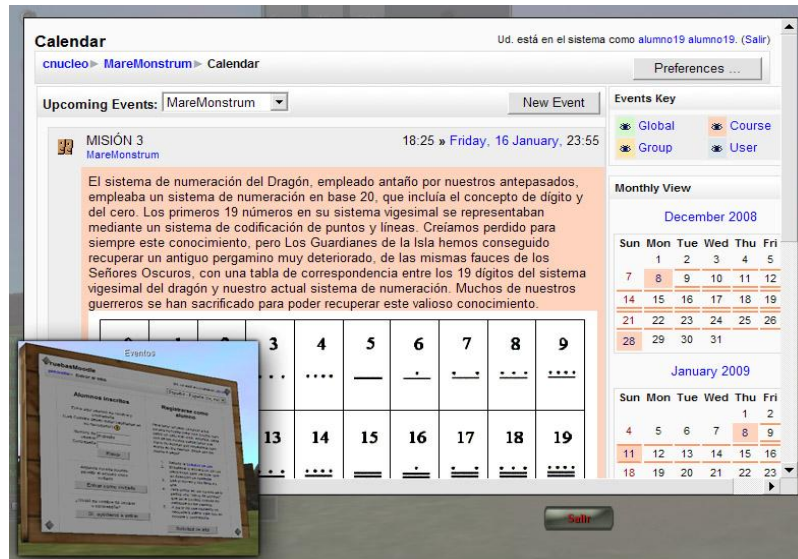


Figura 6. 11. Paneles informativos en Mare Monstrum.

- *Eventos*: Muestra una lista de los eventos (tareas, entregas) próximos para el curso, junto con un calendario donde se muestra el día de inicio y fin de cada evento.
- *Calendario*: Muestra un calendario de tres meses (anterior, actual y próximo) con los eventos marcados.
- *Ranking general*: Muestra la puntuación de cada alumno del curso.
- *Ranking por grupos*: Muestra la posición en el ranking de puntuación de cada grupo dentro del curso al que pertenece el usuario. El ranking por grupos es específico de cada misión, ya que los grupos se reconfiguran dinámicamente cuando termina una misión (si bien la decisión última de formación de grupos recae sobre el profesor, quien puede decidir que un determinado grupo permanezca estable durante una o varias misiones).
- *Sistema de archivos*. Se incorpora un sistema archivos que permiten a los usuarios tener acceso a sus documentos de *Moodle* desde el entorno virtual, así como compartir dichos archivos o enlaces a ellos con los demás usuarios. El sistema añade automáticamente un ítem nuevo al inventario del usuario cada vez que éste sube un archivo nuevo a *Moodle*. Estos ítems pueden ser sacados del inventario y colocados en suelo del mundo virtual (representados entonces por un objeto con aspecto de piedra cristalina), de donde pueden ser descargados al disco duro, recogidos por otro usuario, o eliminados. El menú que se ve en la imagen puede mostrarse haciendo click derecho sobre un archivo colocado en el suelo (ver Figura 6. 12). Cuando un usuario recoge un archivo propiedad de otro usuario, éste se añade a su inventario como un enlace (ítem anaranjado en lugar de azulado), de tal manera que el usuario original sigue teniendo control sobre su archivo. Por ejemplo, si el propietario del archivo decide eliminarlo, todos aquellos usuarios que tuviesen un enlace a dicho archivo en su inventario, dejarán de tener acceso a él. Si quisiesen modificar el archivo, tendrían que des-

cargarlo a su disco, modificarlo, y subirlo a *Moodle*, con lo que aparecería en su inventario como un archivo de su propiedad.



**Figura 6. 12.** Herramientas para el intercambio de archivos. El alumno puede elegir copiarlo a su inventario o vincular a otro archivo.

- *Barco*: Todos alumnos que participan en Mare Monstrum pertenecen a un grupo (ver Capítulo 4, apartado 3.2), por lo que dentro de la isla coexisten varios grupos para cada curso y varios cursos. Pero cada grupo posee un área privada, a la que sólo pueden acceder los miembros del grupo, concebida para facilitar las tareas de coordinación del trabajo de grupo: su barco (ver Figura 6. 13). El barco se encuentra en la playa de la isla (ver mapa en Figura 6. 10 y Figura 6. 13), y al entrar en él el avatar se tele transporta a alta mar, a una zona a la que únicamente tiene acceso los miembros de su grupo. Las herramientas disponibles para facilitar la organización y la colaboración entre los miembros del grupo son: un *blog* para cada uno de los miembros del grupo, que pueden ser usados como diario, bloc de notas o para planificar tareas; un panel informativo que brinda acceso al foro privado de *Moodle* para ese grupo; un sistema privado de intercambio de archivos, al que sólo tienen acceso los miembros del grupo. El barco está implementado como múltiples instancias de un mismo mundo *Multiverse* (barco en alta mar), cada una con un identificador que lo asocia al grupo al que pertenece el barco.
- *Llanura de los archivos*: Esta área está reservada para que el profesor deje archivos útiles para los alumnos (ver Figura 6. 14). Los alumnos se los pueden descargar a su propio directorio copiándolos, pero no los pueden modificar.
- *Sima del dragón*. Desde esta zona se pueden enviar mensajes asíncronos al buzón del profesor. El profesor está representado por un dragón, al que el *avatar* del alumno puede lanzar mensajes mediante un trebuchet (un tipo de catapultas). Su acceso está limitado por un campo de fuerza, que únicamente pueden atravesar los alumnos con el rol de comunicador (ver Figura 6. 15).





**Figura 6. 13.** Tres perspectivas del barco (de arriba abajo): anclado en la playa de la Isla, entrada para partir hacia alta mar y barco en alta mar.



Figura 6. 14. Detalle de la llanura archivos de los archivos.



Figura 6. 15. Campo de fuerza y sima del dragón.

#### 4. A modo de conclusión

En este capítulo se han descrito los dos prototipos que se han desarrollado para las dos fases de prototipado sucesivas de Nucleo. Estas fases han sido diseñadas para probar un conjunto de hipótesis pedagógicas sobre las que se sustenta el diseño de nuestro sistema.

El primer prototipo utiliza como plataforma virtual de interacción *Google Groups*. La elección de este entorno en lugar del campus virtual de la complutense *WebCT*, nos ha permitido realizar la prueba de concepto en escenarios educativos no restringidos al ambiente universitario. El objetivo prioritario de este prototipo es medir el impacto de nuestro marco en cuanto a la motivación, al cambio de actitud y la práctica de *soft skills*.

El segundo prototipo integra un MUVE gestionado mediante la plataforma *Multiverse* con el LMS *Moodle*, de acuerdo con la arquitectura de referencia descrita en el Capítulo 5. Los objetivos de este segundo prototipo son dos: probar la factibilidad del modelo propuesto y medir la eficiencia de los elementos relacionados con la interfaz de usuario sobre la motivación de los alumnos.

El dominio seleccionado para realizar las pruebas ha sido el aprendizaje de la programación, en todos los casos. El primer prototipo se ha probado en tres casos de estudio correspondientes a dos contextos educativos diferentes (dos universitarios y uno de formación secundaria). El segundo prototipo ha sido sometido a dos baterías de evaluación sobre el mismo contexto educativo (universitario), uno en una aplicación en un contexto real y el otro con un grupo de expertos y usuarios seleccionados. La descripción, los resultados obtenidos y la discusión de los mismos, se abordan en el capítulo siguiente.

## Capítulo 7.

### Resultados experimentales

En este capítulo se presentan los resultados experimentales obtenidos tras realizar las pruebas correspondientes a las dos fases de prototipado del sistema. Todos los casos de estudio han sido aplicados a la enseñanza de asignaturas relacionadas con la programación en educación superior en un contexto *blended learning*. Para la primera, se realizó una evaluación en contexto real de aplicación en tres escenarios educativos diferentes (dos universitarios y uno de Formación Profesional). Para la segunda, se realizó una evaluación en contexto real de aplicación y otra con expertos y un grupo seleccionado de usuarios.

#### 1. Introducción

El aprendizaje de la programación forma parte del currículum de diversas titulaciones en España. Facultades, escuelas técnicas, ingenierías y centros de formación profesional, imparten asignaturas en las que el objetivo es que los alumnos adquieran conocimientos relacionados con la programación *software* en distintos lenguajes y a diferentes niveles.

La programación es un dominio de conocimiento marcadamente práctico, en el que los conocimientos teóricos son sólo una parte de las habilidades requeridas. Por lo general, la complejidad de los proyectos para el desarrollo de aplicaciones *software* requiere la colaboración de varios programadores e, incluso, de diferentes equipos. Además en este dominio, es una práctica común que la coordinación entre los participantes se lleve a cabo a través de roles con responsabilidades inter-dependientes y bien definidas (analista, diseñador, documentalista, programador, etc.).

A pesar de la demanda del mercado laboral en este sentido, es poco frecuente que en las asignaturas de programación impartidas en España se preste demasiada atención a tratar de potenciar las habilidades que se necesitan para trabajar en equipo. Si bien cada vez es más habitual que los profesores programen prácticas y trabajos en grupo, por lo general, se trata de prácticas enfocadas a la obtención de un resultado final, y el proceso a través del cual se llega a él no suele ser relevante en sí mismo. En muchos casos, esto conduce a que los alumnos organicen sus equipos con vistas a agilizar la obtención del resultado, de tal manera que se tiende a reducir el contacto entre los integrantes. El modo de organización más usual suele consistir en repartir equitativamente las tareas, que se resuelven individualmente. Únicamente al final los alumnos únicamente se reúnen al final para ensamblar el resultado.

La adopción de aproximaciones *blended learning*, con la incorporación de plataformas LMS que gestionan las interacciones a distancia, ha contribuido a incrementar este efecto. Sin la adecuada orientación y sin la existencia de una estructura para la coordinación de las interacciones, los alumnos utilizan el campus virtual para descentralizar más, si cabe, la realización de las tareas. Este modo de organizar las prácticas puede optimizar la gestión del tiempo, obteniendo resultados más rápidos, pero también reduce la interacción social que facilitaría la práctica de *soft skills*.

Por otro lado, durante los últimos cinco años, en asignaturas y titulaciones relacionadas con la programación, se viene detectando un marcado aumento del absentismo en clase, un descenso de la matriculación y unas calificaciones más y más bajas. De acuerdo con el informe realizado por la comunidad de Madrid [Emes, 2008], salvo la Universidad Rey Juan Carlos, todas las universidades han perdido alumnos en sus centros propios en el periodo que va desde 2003-04 hasta ahora, pero destacan negativamente la Politécnica (un 10,3% de descenso de matrícula) y la Complutense (descenso del 7,3%).

Bajo nuestro punto de vista, esta combinación de características y problemática hacen de este dominio un marco adecuado para experimentar la aproximación Nucleo. En la actualidad, Nucleo está siendo probado en varios contextos de educación superior para asignaturas relacionadas con la programación, con el fin de evaluar su efectividad en relación a los objetivos perseguidos (aumentar la motivación de los alumnos, inducir en ellos un cambio de actitud hacia un papel más activo y potenciar el desarrollo de *soft skills*).

Como ya se ha mencionado, con el fin de agilizar la obtención de resultados y optimizar costes, las pruebas se están realizando de acuerdo con un modelo de prototipado rápido basado en la metodología ADDIE que se ha dividido en dos fases. Los prototipos que se han utilizado en cada una de las fases, así como los objetivos perseguidos han sido descritos en el capítulo anterior.

El prototipo concebido para la primera fase (Mundo Nucleo en Google, Capítulo 6 apartado 2), ha sido evaluado a través de su utilización en tres casos de estudio con usuarios reales durante el curso 2007-2008: el primero para una optativa de primer ciclo de la Licenciatura en CC. Físicas de la Universidad Complutense. En él participaron un total de 60 alumnos durante un cuatrimestre. El segundo para una optativa de segundo ciclo en la Facultad Informática de la Universidad Complutense, en el que participaron un total de 175 alumnos. El tercero para una asignatura del Ciclo Formativo de Grado Superior de Técnico en Administración de Sistemas Informáticos, con 15 alumnos matriculados. Es decir, las pruebas se han realizado en dos contextos educativos diferentes: educación universitaria y formación profesional.

El prototipo diseñado para la segunda fase (Mare Monstrum) se ha evaluado en dos casos de estudio: aplicación en contexto educativo con usuarios reales usuarios reales y evaluación de un equipo de expertos y usuarios seleccionados. La prueba con usuarios reales se ha realizado para la misma asignatura optativa de la Facultad de CC. Físicas durante el curso 2008-2009, con un total de 54 alumnos participantes. Para el segundo caso de estudio, se ha contado con un total del 24 participantes (8 profesores y 16 alumnos).

El presente capítulo está estructurado en dos grandes secciones, correspondientes a las dos fases de las pruebas de prototipado realizadas. La primera de ellas (apartado 2) consta de los siguientes apartados: los objetivos del experimento y las medidas uti-

lizadas como indicadores de resultados (apartado 2.1); a continuación, en las tres secciones siguientes, se describen cada uno de los tres casos de estudio y se exponen los resultados experimentales obtenidos (apartados 2.2, 2.3 y 2.4); finalmente en la sección 2.5 se discuten los resultados y los problemas detectados en el desarrollo de los experimentos. La segunda sección de este capítulo (apartado 3) está dedicada a la segunda fase de prototipado e incluye los siguientes apartados: los objetivos de experimento y las métricas utilizadas (apartado 3.1); la descripción de los dos casos de estudio (apartados 3.2 y 3.3); y, finalmente, la discusión de los resultados obtenidos en los casos de estudio (apartado 3.4). Por último, en el apartado 4 se exponen las conclusiones generales del capítulo.

## 2. Fase 1: Prueba de concepto sobre la estrategia de aprendizaje

El experimento se aplicó a tres casos de estudio correspondientes a las asignaturas: “Fundamentos de Programación” (FP) (Facultad de CC. Físicas), “Laboratorio de Programación II” (LPII) (Facultad de Informática) y “Desarrollo de Funciones en el Sistema Informático” (ciclo formativo Grado Superior de Técnico en Administración de Sistemas Informáticos).

### 2.1. Objetivos y métricas del experimento

El principal objetivo de este experimento es reunir información sobre la efectividad del marco propuesto en las diferentes dimensiones expuestas que repetimos aquí para mayor claridad:

1. La ambientación y el juego tienen un impacto positivo en la motivación del alumno.
2. Se consiguen objetivos de aprendizaje concretos.
3. El entorno incentiva a los alumnos a la práctica de *soft-skills*.
4. El ILS de Vermunt resulta adecuado como base para la formación de equipos.

Las métricas utilizadas han sido las siguientes:

- Para evaluar el efecto en la actitud de los alumnos hacia el estudio, se han medido aspectos relativos a la participación en las diferentes actividades del curso.
- Para evaluar la eficiencia en términos de la adquisición de conocimientos, hemos comparado las notas obtenidas por los alumnos que han participado en el experimento (grupo experimental) con las de alumnos que han seguido una aproximación tradicional de aprendizaje (grupo de control).
- Para medir el impacto en la motivación, hemos comparado las tasas de abandono del grupo experimental y el grupo de control.
- Para medir el efecto sobre la adquisición de *soft skills* y habilidades de trabajo en grupo, hemos utilizado la percepción de los propios alumnos, recogida median-

te un cuestionario. También se ha utilizado como indicador la frecuencia de interacciones a través de las herramientas de colaboración virtual disponibles.

- Para medir la precisión del marco de Vermunt como base para formar los equipos, hemos utilizado la comparativa de las notas obtenidas por los alumnos de los tipos MD y AD (que de acuerdo a Vermunt son los alumnos con más capacidad hacia el estudio), con respecto al resto de los alumnos del curso. Si el marco de Vermunt fuera suficientemente preciso, estos alumnos deberían obtener mejores calificaciones de sus compañeros.

## 2.2. Primer caso de estudio: asignatura “Fundamentos de Programación”

La asignatura cuatrimestral “Fundamentos de Programación” se oferta como optativa en el primer ciclo de la Licenciatura en CC. Físicas de la UCM. El objetivo es que los alumnos aprendan algunos conceptos de programación de nivel básico (algoritmos, diseño de programas, codificación, etc.), utilizando como lenguaje de programación C++.

Tradicionalmente, esta asignatura consta de tres horas de clase semanales en un aula que no dispone de ordenadores. Sin embargo, los alumnos pueden cursar opcionalmente otra asignatura, “Laboratorio de Programación” (LP). LP se oferta como complemento práctico de FP, y consta de dos horas semanales de prácticas en ordenador. Si bien se trata de asignaturas independientes, los profesores de FP recomiendan insistentemente a los alumnos que cursen ambas asignaturas simultáneamente, recomendación que es seguida aproximadamente por el 60% de los alumnos.

La evaluación de los alumnos en el método tradicional engloba la nota del examen final y el trabajo en clase, teniendo el primero un peso del 60% de la nota final y del 40% el segundo. Como trabajo en clase se toman en consideración: la participación en las discusiones que habitualmente se plantean durante las clases presenciales y la nota obtenida en los casos prácticos que se proponen de manera regular (que por lo general deben resolverse individualmente).

Curso académico	Alumnos matriculados	Alumnos presentados a examen	Alumnos aprobados	Nota media (sobre 10)
2005-06	115	43	30	5,1
2006-07	110	33	24	5,0

**Tabla 7.1.** Datos de los resultados obtenidos en FP durante los dos cursos académicos anteriores a la aplicación del experimento Nucleo.

La Tabla 7.1 muestra los datos de matriculación y los resultados obtenidos por los alumnos durante los dos años anteriores a la aplicación del marco Nucleo en la asignatura FP. En el curso 2005-06 sólo el 26% de los alumnos matriculados aprobaron el curso. Esta proporción descendió al 21% el año siguiente. Las tasas de abandono (proporción de alumnos matriculados no presentados al examen) fueron del 62% en 2005-06 y del 70% en 2006-07. Es necesario hacer notar que tanto el profesor, el

programa y el método seguido para impartir las clases, fueron idénticos en los dos cursos académicos.

Durante el curso académico 2007-08, se aplicó el experimento Nucleo para la asignatura con un total de 60 alumnos matriculados (nótese el importante descenso en la matriculación con respecto a los años anteriores, superior al 45%). El nuevo escenario de aprendizaje se presentó a los alumnos el primer día de curso y se solicitaron voluntarios para participar. Después del desconcierto inicial, y a pesar de la reacción positiva y divertida de los alumnos, la mayoría se mostraron reacios a participar en Nucleo. La razón esgrimida por los alumnos que no quisieron participar en la experiencia fue que pensaban que el nuevo método les iba a requerir un esfuerzo superior al de las clases convencionales. Efectivamente, en clase se les había comunicado que la participación en Nucleo necesitaba un trabajo constante, mientras que el sistema habitual de estudio seguido por la mayoría suele ser muy irregular (se trabaja mucho en fechas próximas al examen y poco o nada el resto del curso). Ante esta perspectiva, únicamente el 37% de los alumnos se ofrecieron como voluntarios para seguir el curso según el método Nucleo (grupo experimental), mientras que el 63% de la clase prefirió seguir el método tradicional (grupo de control).

A los alumnos que participaban en el experimento se les comunicó que la nota obtenida como resultado global de las cuatro *misiones* en las que iban a participar supondría el 40% de su nota global, exactamente la misma proporción que la nota por participación en clase para los alumnos del grupo de control. Los datos de participación en el experimento (control y Nucleo) están reflejados en la Tabla 7.2.

Los alumnos del grupo Nucleo fueron dispensados de asistir a las sesiones teóricas. El grupo asistía únicamente a una sesión de 2 horas cada 15 días destinada a la coordinación de los grupos y a despejar dudas sobre la especificación del caso propuesto (la *misión*). Los participantes interactuaron fundamentalmente a través del entorno virtual.

El grupo experimental participó en cuatro *misiones*, cuyo nivel de dificultad era elevado considerando el conocimiento previo de los alumnos (que era prácticamente nulo en la mayor parte de los casos, ya que se trata de un curso de iniciación a la programación). Al finalizar cada misión, la nota obtenida por los grupos se publicaba en un ranking accesible a todos los participantes, con el fin de fomentar la atmósfera competitiva. De la misma forma se procedió con la puntuación individual, cuyo cálculo se efectuó siguiendo el proceso detallado en el Capítulo 4 apartado 3.4, teniendo en cuenta la puntuación obtenida por cada individuo en la encuesta de evaluación por compañeros.

La Tabla 7.2 y la Tabla 7.3 reflejan los resultados comparativos obtenidos por los dos grupos, experimental y de control.



Grupo	Alumnos inscritos	Alumnos presentados a examen	Tasa de abandono sobre alumnos inscritos
Tradicional	38	13	65,79%
Nucleo	22	20	9,09%

**Tabla 7.2.** Datos de los alumnos presentados a examen en el curso 2007-08 para FP.

Grupo	Alumnos que aprobaron el examen	Nota media (sobre 10)	% aprobados sobre matriculados
Tradicional	7	4,67	18,42%
Nucleo	13	5,73	59,09%

**Tabla 7.3.** Datos estadísticos de alumnos aprobados y notas obtenidas en las dos aproximaciones durante el curso 2007-08 en FP.

Tal y como se detalló en el Capítulo 4 apartado 3.2, los alumnos fueron asignados a una de las tres tribus (*Evians*, *Ruks* y *Exters*) en función de los resultados obtenidos en el ILS de Vermont. Cada uno de los integrantes del equipo, en función de la tribu a la que hubiera sido asignado, debía cumplir con determinadas responsabilidades y tenía unas funciones específicas. Al finalizar cada *misión*, evaluaban a sus propios compañeros de grupo a través de una encuesta. La Tabla 7.4 refleja las notas obtenidas en el examen final por los participantes en el experimento Nucleo, divididos por tribus, y la nota media obtenida por los mismos en las encuestas de evaluación por compañeros.

	Evians	Ruks	Exters
Nota media en examen	6,66	5,36	5,53
Nota evaluación por compañeros	9,375	7,954	8,24

**Tabla 7.4.** Nota media final por cada una de las tribus (sobre 10) y nota media en las encuestas de compañeros por tribu (sobre 10).

### 2.3. Segundo caso de estudio: asignatura “Laboratorio de Programación II”

La asignatura anual “Laboratorio de Programación II” (LP2) es una asignatura obligatoria de segundo año de la titulación de Ingeniero Técnico en Informática de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid. LP2 es un complemento práctico de las asignaturas teóricas “Programación Orientada a Objetos” y “Estructuras de Datos”, por lo que uno de sus objetivos es que los alumnos puedan poner en práctica los conocimientos adquiridos en éstas. El otro objetivo es permitir que los alumnos adquieran experiencia en el desarrollo de aplicaciones *software* en equipos pequeños.

El método tradicional de enseñanza en LP2, seguido durante los cuatro últimos años, consta de una hora semanal de teoría impartida en aula y dos horas semanales de prácticas en ordenador. Durante las sesiones prácticas, los alumnos deben resolver los casos de programación propuestos por el profesor, por lo general en grupo de dos (en casos excepcionales pueden admitirse grupos de tres alumnos o la realización individual). Está estimado que para aprobar el curso los alumnos necesitan al menos cinco horas adicionales de trabajo por su cuenta cada semana.

La evaluación de los alumnos, de acuerdo con el método tradicional, incluye la nota obtenida en el examen final y la obtenida en los ejercicios propuestos en clase. El trabajo del laboratorio es obligatorio y constituye un 10% adicional sobre la nota final.

En los últimos años, esta asignatura ha sufrido un preocupante aumento de las tasas de abandono de los alumnos y, paralelamente, un descenso de las notas. La Tabla 7.5 refleja los resultados para los cursos 2005-06 y 2006-07. De acuerdo con los datos, el 77,33% de los alumnos matriculados abandonaron (no se presentaron a examen), siendo la nota media de los presentados 5,02 sobre 10. En el grupo B, la tasa de abandono fue del 78,83% y las notas medias fueron ligeramente inferiores. Debe hacerse notar que el grupo B (por temas de horario) es el elegido tradicionalmente por aquellos alumnos que compaginan sus estudios con algún trabajo de tiempo parcial, motivo por el cual suele presentar peores resultados que el grupo A.

Curso	Alumnos matriculados	Alumnos presentados a examen	Aprobados	Nota media (sobre 10)
2005-06 A	93	22	6	4,53
2005-06 B	57	13	8	5,02
2006-07 A	106	24	14	5,28
2006-07 B	65	14	7	4,90

**Tabla 7.5.** Datos estadísticos sobre las tasas de abandono y las notas obtenidas durante los cursos 2005-06 y 2007-08 en los dos grupos de LP2.

Durante el curso 2007-08 los profesores de la asignatura decidieron probar el método Nucleo en ambos grupos (A y B), dejando a los alumnos la posibilidad de participar o no el experimento a su propio criterio. En este caso, se propusieron cinco *misiones* a lo largo del curso.

La Tabla 7.6 refleja los datos previos antes del inicio del experimento: alumnos que participaron en el experimento Nucleo en ambos grupos frente a los que optaron por el método tradicional, y la tasa inicial de abandono. La tasa inicial de abandono se corresponde con el número de alumnos que realmente asisten a clase, frente a los que se han matriculado oficialmente. Es muy común en esta asignatura contar con un cierto número de alumnos que, aun habiéndose matriculado, no tienen intención de asistir ni presentarse a examen. Este hecho puede tener su origen en distintas causas, entre ellas: se matriculan para cumplir con algún requisito burocrático, porque encuentran trabajo y no tienen tiempo para asistir, o porque prefieren asistir directamente al examen de Septiembre con el fin de no tener que realizar las prácticas.

La Tabla 7.7 contiene los resultados comparativos obtenidos por el grupo experimental y el grupo de control, para ambos grupos (A y B). Se ha considerado la tasa de abandono sobre los alumnos asistentes a clase. En esta asignatura es frecuente que se matriculen alumnos que no tienen intención de ir a clase por diversos motivos: los alumnos asistentes son los que están presentes el primer día de clase. La Tabla 7.8 el desglose de los resultados obtenidos por los participantes de Nucleo según su tribu. En la Tabla

Grupo	Alumnos matriculados oficialmente	Alumnos en grupo tradicional	Alumnos en grupo Nucleo	Tasa inicial de abandono
A	101	42	27	31,68%
B	74	26	17	41,89%

**Tabla 7.6.** Datos sobre matriculación en el curso 2007-08 para LP2.

Grupo	Tasa de abandono sobre los matriculados	Tasa de abandono sobre los asistentes	Presentados a examen	Aprobados en examen	Nota media	% aprobados sobre asistentes
A tradicional	77,03%	59,53%	17	13	5,26	30,95%
A Nucleo	14,81%	14,81%	23	16	5,46	59,26%
B tradicional	92,73%	85,00%	4	4	6,13	15,38%
B Nucleo	10,52%	0,00%	17	17	4,96	52,94%

**Tabla 7.7.** Resultados del curso 2007-08 para LP2

	Evians	Ruks	Exters
nota media en examen A	5,87	4,9	5,7
nota media en examen B	5,3	4,3	5,5
evaluación por compañeros A	6,9	7,4	7,1
evaluación por compañeros B	9,5	8,2	7,68

**Tabla 7.8.** Resultados en el examen final por tribus (sobre 10) y resultados en la encuesta de evaluación por compañeros (sobre 10).

Finalmente queremos comentar algunas incidencias sucedidas durante la realización de este caso de estudio. La primera es la enorme resistencia que mostraron los alumnos para participar en el experimento. La idea inicial de los profesores fue que todos los alumnos siguieran el método Nucleo, sin darles la alternativa de seguir las clases tradicionales. Sin embargo, hubo que renunciar ante el aluvión de protestas recibidas y la consiguiente intervención del jefe de departamento. La mayor parte de las

protestas tenían que verse forzados a abandonar a sus compañeros habituales de trabajo para participar en un equipo seleccionado por el profesor. El segundo hecho llamativo fue el impacto positivo sobre la motivación que tuvieron la competición y el reconocimiento social. A pesar de que en el método tradicional se premiaba con puntos extra a las mejores prácticas, estos resultados no eran públicos. Sin embargo, se ha detectado, por las conversaciones intercambiadas en los foros, que los alumnos de Nucleo estaban muy incentivados por la competición y por conseguir los mejores puestos en el *ranking*. Además, comprobamos que esto disminuyó de manera muy notable la copia de prácticas que es uno de los problemas a los que tradicionalmente se enfrentan los profesores de esta asignatura.

#### **2.4. Tercer caso de estudio: asignatura “Desarrollo de Funciones en el Sistema Informático”**

El tercer caso de estudio se llevó a cabo en un grado superior técnico, para la asignatura “Desarrollo de Funciones en el Sistema Informático” (DSFI) del Ciclo Formativo de Grado Superior de Técnico en Administración de Sistemas Informáticos. Esta asignatura se imparte en el segundo año de formación. El objetivo es que los alumnos, que ya han adquirido conocimientos básicos de programación en lenguaje C durante su primer año, aprendan programación del sistema a bajo nivel en lenguaje Java y adquieran conocimientos avanzados, tales como: *threads* (hilos), *monitores* y *sockets*.

La formación profesional en España es un contexto muy diferente a la formación universitaria; no tanto por los contenidos que se imparten, sino, sobre todo, por el diferente enfoque que se da a éstos, por la mentalidad de los alumnos y su diferente actitud hacia el estudio. Los conocimientos impartidos en formación profesional tienen un enfoque más práctico y de aplicación inmediata. Además, el estudiante tipo está mucho menos concienciado del valor del estudio y el trabajo personal que los estudiantes universitarios. De hecho, por lo general, su iniciativa y motivación suelen ser menores. Muchos alumnos asumen que es el profesor quien debe hacer el trabajo para que ellos aprendan, sin apenas esfuerzo por su parte, y se frustran cuando no sucede así. Esto implica que demandan mucha ayuda para resolver las prácticas de clase. Y no sólo eso, sino que suele ser el tutor quien tiene que luchar para obtener su atención, puesto la motivación es muy baja y los alumnos se distraen con frecuencia.

La asignatura DSFI está estructurada en 8 horas semanales de clase supervisada, de las cuales 2 ó 3 se suelen emplear para impartir los conocimientos teóricos y el resto como prácticas supervisadas de los ejercicios que se proponen en clase (en general de resolución individual). El trabajo de clase tiene un peso del 30 al 40% en la nota final, y el resto corresponde a la nota obtenida en un examen final escrito.

La motivación de los alumnos hacia el estudio es, en este contexto, un factor fundamental. En este caso los aspectos prácticos son el foco de los objetivos curriculares y la mayor parte de las horas de clase se destinan a la realización de las prácticas. Es importante comentar que las aulas en las que se imparte la asignatura están dotadas de un ordenador con conexión a Internet por cada alumno, y que los alumnos tienen libertad para utilizarlo en todo momento y una buena parte del tiempo de clase se consume en tratar de obtener la atención de los alumnos, que suelen estar navegando por Internet o chateando con compañeros. Únicamente cuando el tema o la asignatu-

ra les interesan, los alumnos prestan atención; en otro caso, los esfuerzos del profesor resultan vanos y los alumnos se muestran distraídos y poco participativos.

Para este tercer caso de estudio, el número de participantes fue 15; la participación en el experimento fue obligatoria durante el segundo cuatrimestre del curso, mientras que todos los alumnos siguieron el enfoque tradicional a lo largo del primer cuatrimestre.

Durante el primer cuatrimestre, si bien no se impuso ninguna restricción sobre la posibilidad de colaborar entre sí para resolver las prácticas, la actitud de los alumnos fue acusadamente pasiva e individualista; perdían atención con facilidad y la mayoría esperaban a copiar la solución del profesor a las prácticas propuestas en clase, sin ni siquiera haber intentado resolverlas ni haber colaborado por obtenerla. Únicamente dos de los alumnos (13%) resolvieron las prácticas y las entregaron en plazo. El resto objetaron que eran excesivamente difíciles y ni siquiera hicieron el intento de resolverlas. Creemos que es importante hacer notar que, pese al escaso interés mostrado por los alumnos, el profesor hizo un esfuerzo por intentar motivarles proponiendo prácticas que le parecían próximas a sus gustos e intereses, tales como el juego de las tres en raya, el *Tetris* o el *Sudoku*. Al final del cuatrimestre, seis alumnos faltaban habitualmente a clase (40%) y de manera regular asistían únicamente cinco alumnos (33%). Únicamente cuatro alumnos aprobaron el examen final del primer cuatrimestre, aunque su nivel de dificultad fue similar al de los casos prácticos propuestos en clase.

Durante el segundo cuatrimestre, se siguió únicamente la aproximación Nucleo para impartir la asignatura. Los alumnos fueron categorizados de acuerdo a los resultados obtenidos en el ILS de Vermunt, y se les asignó a un *comando* de acuerdo con las reglas definidas en el Capítulo 5 apartado 3.2. En este caso, se tomó en consideración las estadísticas de asistencia a clase durante el cuatrimestre anterior, con el objetivo de que los alumnos que no habían asistido a clase no constituyeran un obstáculo para sus compañeros. De esta manera se formó un equipo con tres miembros y otros tres equipos con cuatro. Como en los dos casos anteriores la plataforma *Google Groups* fue utilizada como *software social* para intercambiar información y documentos, pero dado que el contacto presencial en este caso fue muy superior (8 horas semanales) la utilización de la herramienta virtual como medio de interrelación fue muy inferior, quedando restringido su uso al mantenimiento del cuaderno bitácora como mecanismo de seguimiento de las actividades del grupo y a la herramienta para compartir archivos.

La dinámica de clase experimentó un cambio muy positivo desde que se comenzó a utilizar la aproximación Nucleo. La actitud de los estudiantes pasó a ser mucho más activa, como viene a demostrar el hecho de que todos los equipos entregaron las misiones en plazo. Vale la pena resaltar que, durante el primer cuatrimestre, el profesor recibía quejas constantes porque los alumnos opinaban que los ejercicios propuestos eran demasiado difíciles para que pudieran resolverlos solos. Sin embargo, con Nucleo, el nivel de dificultad de los problemas se incrementó y además no se impartieron clases teóricas como soporte para resolverlos. Aún así, todos los equipos consiguieron resolver satisfactoriamente todos los casos propuestos. Lo cual, pensamos, es indicativo de que los estudiantes se implicaron más en el proceso de aprendizaje.

Con respecto a los niveles de asistencia a clase, la semana inmediatamente posterior a iniciar el experimento todos los alumnos asistieron a las clases. En el cuatrimestre anterior, en ninguna ocasión se contó con asistencia plena. Y aunque en los días

posteriores algunos alumnos comenzaron a faltar, en ningún caso se llegó a los bajos índices de asistencia del cuatrimestre previo. El número medio de asistentes a clase fue de 12 a lo largo del periodo en que duró el experimento. Este hecho podría deberse a la presión social que supone ser miembro de un equipo que te necesita.

Sin embargo, la superior motivación, asistencia y participación no tuvieron el impacto esperado en las notas obtenidas por los alumnos, que sólo fueron ligeramente superiores en el cuatrimestre experimental. De los dos exámenes que se realizan a lo largo del curso, únicamente cinco estudiantes (uno más que en el cuatrimestre anterior) aprobaron el primer examen. Las cosas mejoraron sensiblemente para el segundo examen, en el que aprobaron nueve alumnos.

Con respecto a la precisión del ILS de Vermunt como herramienta para la clasificación y la formación de los equipos, este caso es ligeramente diferente a los dos anteriores debido, por un lado, al reducido número de alumnos y, por otro, al hecho de que el profesor había tenido mucho contacto con todos ellos durante el primer cuatrimestre, por lo que les conocía bastante bien. Sin embargo, el sistema de clasificación vino a corroborar la opinión del profesor sobre sus alumnos (de hecho los alumnos catalogados como MD por el test eran los alumnos con mejores aptitudes en una correlación del 80%).

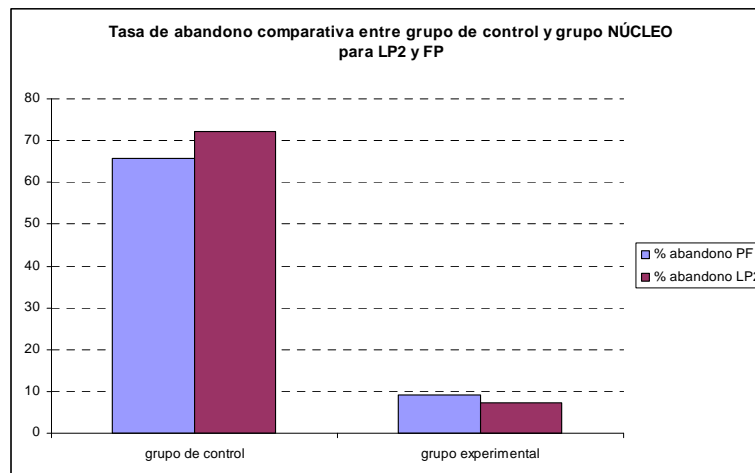
## 2.5. Análisis crítico de los resultados

Los dos primeros casos de estudio tuvieron lugar en un contexto similar: ambos aplicados a asignaturas de carreras superiores, con parecidas tasas de abandono y con una curva de descenso del rendimiento similar en los últimos dos años. El experimento se llevó a cabo dividiendo el grupo en dos (experimental y grupo de control) y los integrantes del grupo experimental fueron voluntarios.

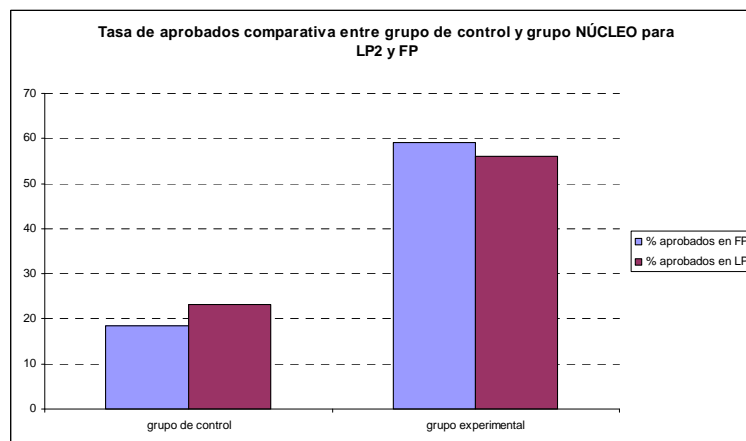
Las conclusiones que pueden extraerse de los resultados experimentales son también similares para estos dos primeros casos. Los datos muestran, con una diferencia estadísticamente significativa al .95, que las tasas de abandono se vieron reducidas, se incrementó también considerablemente el porcentaje de aprobados mientras que las notas medias aumentaron ligeramente con respecto al grupo de control (ver Figura 7. 1 y Figura 7. 2). En promedio, para las dos asignaturas, en el curso 2007-2008 con respecto a años anteriores, se redujeron las tasas de abandono de manera considerable, se redujo la tasa de suspensos y aumentaron ligeramente las calificaciones obtenidas (ver Figura 7. 3, Figura 7. 4 y Figura 7. 5).

En 2007-08, para el grupo de control en la asignatura FP, la tasa de abandono fue del 65,8%, similar, si bien ligeramente inferior, a las registradas en los dos cursos anteriores, mientras que para el grupo experimental este porcentaje se redujo al 9,1%. Similares registros se obtuvieron en la asignatura LP2, 72,3% para el grupo de control frente al 7,04% para el grupo experimental. De la misma forma, sólo el 18,4% de los alumnos del grupo de control en FP aprobaron la asignatura frente al 59,1% de aprobados en el grupo experimental. En LP2 aprobaron un 23,2% de los alumnos del grupo de control frente al 56,1% de los que siguieron la aproximación Nucleo. En ambos casos, los alumnos del grupo Nucleo también obtuvieron notas ligeramente superiores, si bien esta diferencia no resultó estadísticamente significativa.

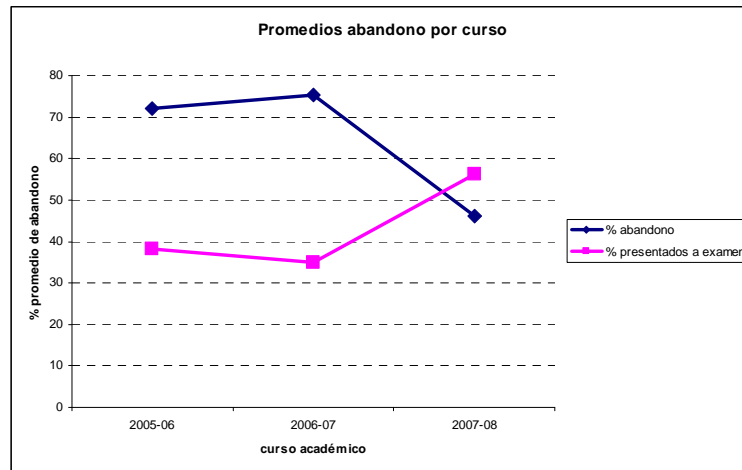
Con respecto a cómo de efectivo resultó el marco de Vermunt como base para establecer la asignación de roles, una vez realizada la encuesta de satisfacción, el 85% de los alumnos se mostró satisfecho con los roles que les fueron asignados y los encontraron útiles como mecanismo para coordinar el trabajo.



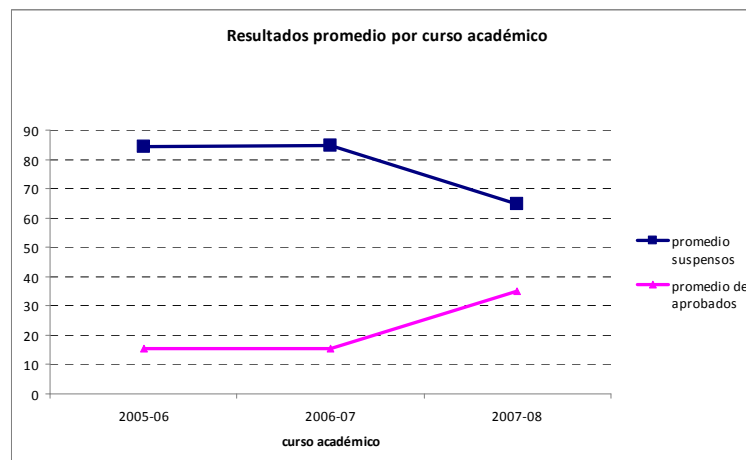
**Figura 7. 1.** Resultados comparativos para la tasa de abandono entre el grupo de control y el grupo experimental (curso 2007-2008).



**Figura 7. 2.** Resultados comparativos para la tasa de aprobados entre el grupo experimental y el grupo de control (curso 2007-2008).

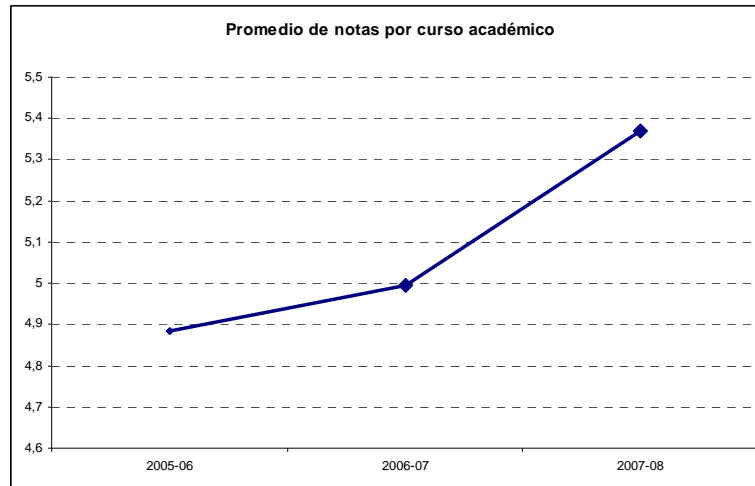


**Figura 7. 3.** Evolución comparativa de las tasas de abandono y de presentados a examen durante los cursos académicos 2005-06, 2006-07 y 2007-08.



**Figura 7. 4.** Evolución comparativa de las tasas de aprobados y de suspensos durante los cursos académicos 2005-06, 2006-07 y 2007-08.





**Figura 7. 5.** Evolución de las notas promedio por curso académico durante los cursos académicos 2005-06, 2006-07 y 2007-08.

Como se ha descrito previamente, el tercer caso de estudio se llevó a cabo en unas condiciones y un contexto muy diferentes a los anteriores. Por un lado, debido al reducido número de alumnos, resulta estadísticamente mucho menos riguroso que los dos casos anteriores. Como contrapartida, el contacto con los alumnos fue mucho más personal y el seguimiento que hizo el profesor sobre los avances de cada uno mucho más estrecho. En un grupo con 15 alumnos y 8 horas de clase a la semana, el profesor tiene un contacto muy superior y conoce personalmente a sus alumnos de una manera que resulta imposible para un profesor universitario. En este caso, la percepción final del profesor sobre el resultado del experimento coincide con los resultados obtenidos en los dos casos anteriores. La utilización de la aproximación Nucleo tuvo las siguientes consecuencias, muy similares a las de los dos casos de estudio anteriores:

- Redujo las tasas de abandono medidas en términos de asistencia regular a clase.
- Contribuyó a incrementar el interés de los alumnos, que pasaban menos tiempo navegando por Internet y chateando, prestaban más atención al profesor en clase y presentaron las prácticas en el plazo previsto.
- El porcentaje de aprobados en el examen final se incrementó también ligeramente con respecto al cuatrimestre anterior en el que se siguió un método de enseñanza tradicional (26,7% al 33,3%).

Por último, en opinión del profesor y considerando el conocimiento que ya poseía sobre las habilidades de los alumnos (adquirido durante el primer cuatrimestre) la utilización del marco de Vermunt para clasificar a los estudiantes fue muy precisa.

Con respecto a la evaluación de la eficacia del sistema para contribuir al desarrollo de *soft skills* en los alumnos, de acuerdo a los datos registrados, los alumnos del grupo experimental utilizaron su plataforma de comunicación virtual (*Google Groups*) con 5 veces más frecuencia que lo que los alumnos del grupo de control utilizaron la suya (el Campus Virtual de la Complutense). Evidentemente, esto prueba es que los alumnos del grupo Nucleo interactuaron más entre sí que los del grupo de control, lo cual

les obligó necesariamente a poner en práctica algún tipo de habilidades de comunicación y socialización.

Resumiendo: los tres casos de estudio expuestos muestran resultados prometedores en relación a los objetivos perseguidos, siendo particularmente significativos la mejora en la motivación de los alumnos y su cambio de actitud hacia un papel más activo.

Sin embargo, el experimento también arroja luz sobre determinados aspectos del sistema que deben ser mejorados. En primer lugar, la utilización del modelo de Vermunt como base para la formación de equipos y la asignación de roles no es suficiente para establecer una clasificación fiable, por lo que debe ser incrementado con un modelo más preciso (ver Capítulo 5 apartado 3.2). En segundo lugar, los alumnos se mostraron en desacuerdo por no haber podido elegir a su personaje, puesto que la vinculación de la tribu al rol condicionaba su clasificación como *Evian*, *Ruk* o *Exter*. Por ello, se decidió que para el piloto con el MUVE los alumnos podrían elegir y personalizar la apariencia de su *avatar*, si bien sus responsabilidades y funcionalidades seguirían siendo asignadas por el sistema. Finalmente, hemos detectado ciertas irregularidades en la adquisición de conocimientos técnicos por parte de los alumnos que han seguido el método experimental. En el primer caso de estudio (asignatura FP), en la que no se impartían sesiones teóricas, se detectó que los alumnos profundizaron únicamente en los conceptos que les resultaban más interesantes y llamativos, adquiriendo un nivel alto o muy alto de maestría en su aplicación, sin embargo, apenas adquirieron los conocimientos básicos los aspectos que no les parecían interesantes. Por este motivo, en los dos casos de estudio siguientes (LP2 y DFSI), una finalizada la misión, el profesor la resolvió en clase y explicó los conocimientos que eran necesarios para resolverla. Con este procedimiento se subsanó en buena medida la deficiencia detectada en el primer caso de estudio, además las sesiones teóricas despertaron un interés poco usual en los alumnos que tenían curiosidad por saber cómo resolver un problema al que ya se habían enfrentado por sus propios medios.

### 3. Fase 2: Prueba de concepto sobre el entorno virtual

En esta fase se han llevado a cabo dos casos de estudio: en un contexto educativo real (de nuevo para la asignatura “Fundamentos de Programación”) con 54 alumnos participantes, y una evaluación con usuarios seleccionados y un grupo de expertos (16 alumnos y 8 profesores).

#### 3.1. Objetivos y métricas de los experimentos

Los resultados experimentales obtenidos en esta segunda fase, han sido obtenidos a través de dos tipos distintos de evaluación (en contexto real y con grupos de expertos). En ambos casos, se ha utilizado el mismo prototipo, Mare Monstrum, con dos interfaces distintas. En el primero, se ha utilizado el campus virtual *Moodle* con su interfaz web estándar. En el segundo caso, se ha utilizado la interfaz de inmersión 3D con avatares configurables (Isla Dragón):

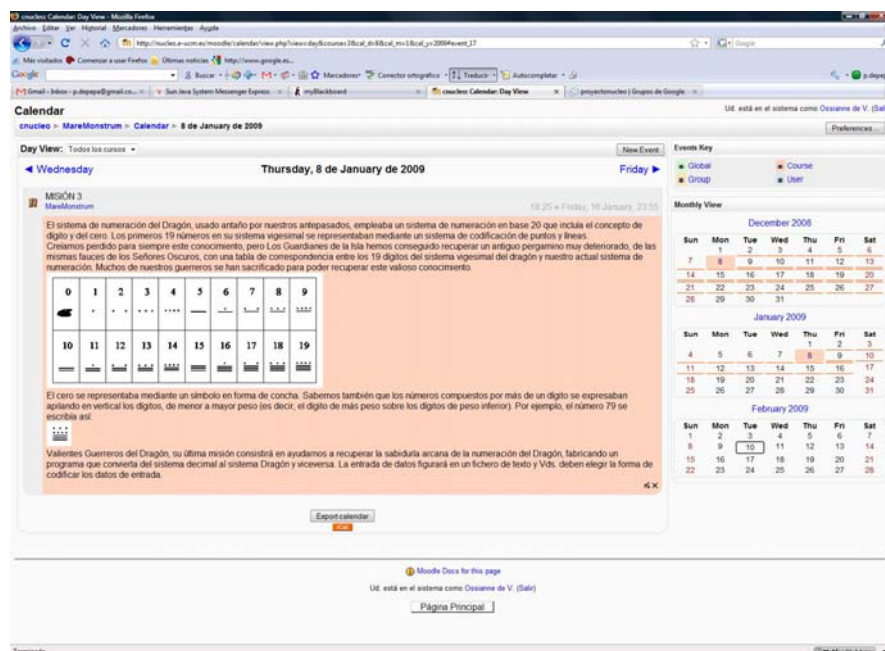
- El primer caso de estudio, la asignatura “Fundamentos de Programación”, tenía como objetivo principal profundizar sobre las seis primeras hipótesis expuestas en el apartado 1, para las que ya se obtuvieron resultados positivos durante la primera fase (ver apartado 2.5 de este mismo capítulo). En esta segunda fase, se reducir la incertidumbre asociada a ciertos factores que podrían haber condicionado los resultados, principalmente derivados de la participación voluntaria en los experimentos. Por otro lado, se han utilizado métricas distintas. Además de las métricas asociadas a las tasas de abandono y las calificaciones obtenidas en el examen final (utilizadas también para la primera fase) se ha distribuido una encuesta entre los alumnos para conocer su opinión sobre los aspectos clave del sistema.
- La segunda evaluación se ha realizado con los dos grupos de usuarios principales del proceso de aprendizaje (profesores y alumnos). En la prueba han participado un total de 16 alumnos (la mayoría pertenecientes al curso “Fundamentos de Programación” de la titulación de CC. Físicas) y 8 profesores. Los alumnos estuvieron utilizando el sistema durante el curso 2008-2009 en contexto real, mientras que los profesores realizaron una prueba puntual del sistema. A ambos grupos se les pasó la misma encuesta de usabilidad sobre varias características del sistema. Esta encuesta se ha utilizado como base para establecer las métricas de efectividad del sistema.

### 3.2. Descripción del primer caso de estudio: asignatura “Fundamentos de Programación”

La asignatura FP (descrita en detalle en el apartado 2.2 de este mismo capítulo) fue de nuevo el escenario utilizado para este primer caso de estudio de la segunda fase de prototipado, durante el curso 2008-09. En este caso, se contó con la participación de 54 alumnos.

Se introdujeron las siguientes variaciones con respecto al caso de estudio de la primera fase:

- La participación fue obligatoria.
- La herramienta de interacción virtual fue *Moodle*, con su interfaz estándar.
- Se incentivó más aún el espíritu competitivo entre los alumnos: los 6 primeros alumnos clasificados en el ranking individual no tendrían que realizar examen.
- Se informó a los alumnos de que la nota obtenida en Mare Monstrum haría media al 50% con su nota de examen (en lugar de 60% examen 40% Nucleo como en el experimento de la fase previa).
- Se modificó la metáfora de juego (ver Capítulo 4 apartado 3.7).



**Figura 7. 6.** Interfaz web de *Moodle* para Mare Monstrum.

Los resultados obtenidos en relación a las tasas de abandono, son los siguientes:

Curso académico	Alumnos matricula- dos inicialmente	Alumnos que han fi- nalizado el curso	Tasa de abandono
2008-09	54	45	16%

**Tabla 7.9.** Tasa de abandono correspondiente a FP curso 2008-09.

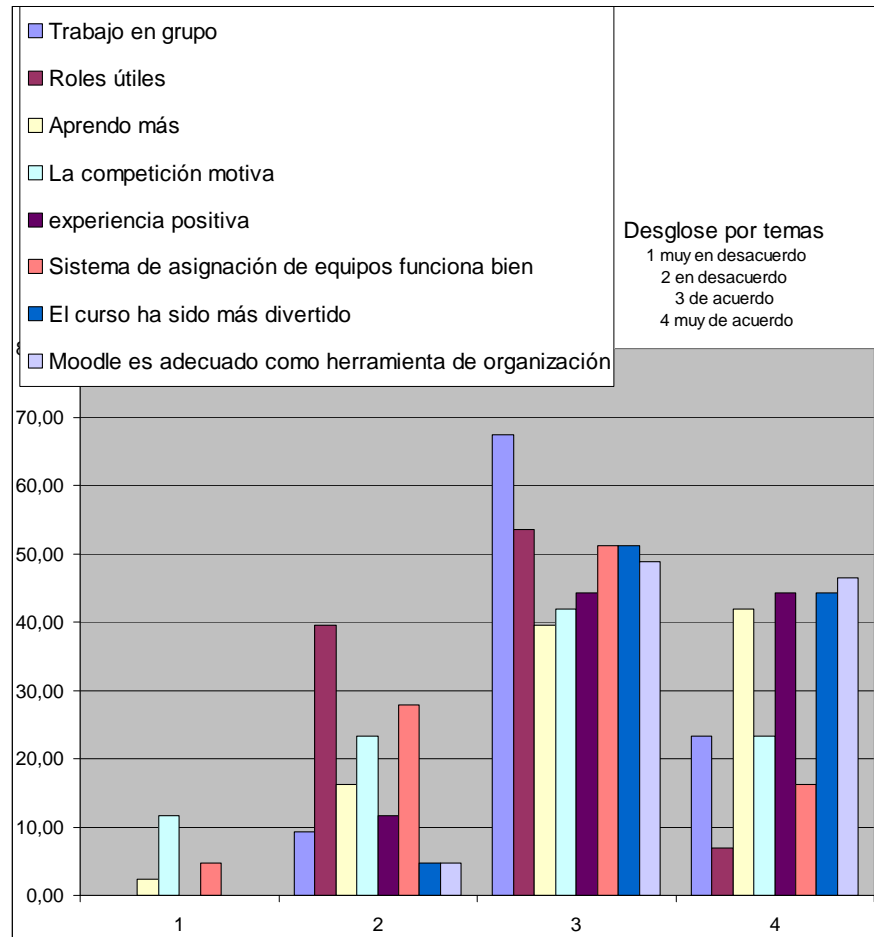
Curso académico	Alumnos que apro- baron el examen	Nota media (sobre 10)	% aprobados sobre matriculados
2008-09	39	6,1	72,22%

**Tabla 7.10.** Datos estadísticos de alumnos aprobados y notas obtenidas en las dos aproximaciones durante el curso 2008-09 en FP.

Al finalizar el curso, se ha distribuido una encuesta con el objetivo de conocer el impacto que atribuyen los propios alumnos al sistema Nucleo en relación a una serie de aspectos clave (directamente relacionados con las hipótesis de partida). La encuesta constaba de 9 preguntas, a las que debían responder con un número del 1 al 4 en virtud de su grado de acuerdo o desacuerdo con el enunciado (1 muy en desacuerdo, 4 muy de acuerdo). Los resultados obtenidos, están desglosados en la Tabla 7.11 y en la Figura 7. 7.

Pregunta	% alumnos en desacuerdo o muy en desacuerdo	% alumnos de acuerdo o muy de acuerdo
1. Pienso que el curso me ha ayudado a desarrollar capacidades para el trabajo en grupo.	9,3%	90,7%
2. Pienso que los roles y la distribución de tareas son de utilidad para la organización del trabajo.	39,53%	60,47%
3. Pienso que he aprendido más (en cuanto a conocimientos técnicos) que en un curso convencional.	18,6%	81,4%
4. Pienso que la competición es un aliciente para la motivación.	34,88%	65,12%
5. Pienso que la motivación se vería favorecida con el uso de un mundo virtual que ambiente la metáfora del juego.	44,19%	55,81%
6. Pienso que la experiencia ha sido globalmente positiva.	11,63%	88,37%
7. Pienso que el sistema para la asignación de equipos es adecuado y funciona satisfactoriamente.	32,56%	67,44%
8. Pienso que el sistema de aprendizaje basado en problemas seguido ha hecho el curso más entretenido y motivante de lo que hubiese sido de haber seguido un método tradicional (teoría más problemas).	4,65%	95,35%
9. Pienso que el uso del sistema de gestión de aprendizaje basado en Moodle ha resultado de ayuda a la hora de organizar y desarrollar las distintas actividades del curso.	4,65%	95,35%

**Tabla 7.11.** Preguntas realizadas en la encuesta y resultados obtenidos.



**Figura 7. 7.** Resultados estadísticos de la encuesta realizada al finalizar FP en el curso 2008-09.

### 3.3. Descripción del segundo caso de estudio: la evaluación con expertos

En este segundo caso de estudio, la aplicación ha sido evaluada por grupos de usuarios seleccionados entre los dos grupos de actores principales del proceso educativo, profesores y alumnos. En ella han participado un total de 16 alumnos y 8 profesores.

Los profesores participantes pertenecen al departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial de la Facultad de Informática de la UCM. Todos ellos han impartido docencia relacionada con el aprendizaje de la programación y desarrollan su labor de investigación en dominios próximos al de este trabajo. Pensamos que ambas características les confieren el estatus de usuarios cualificados sobre el dominio de la aplicación.

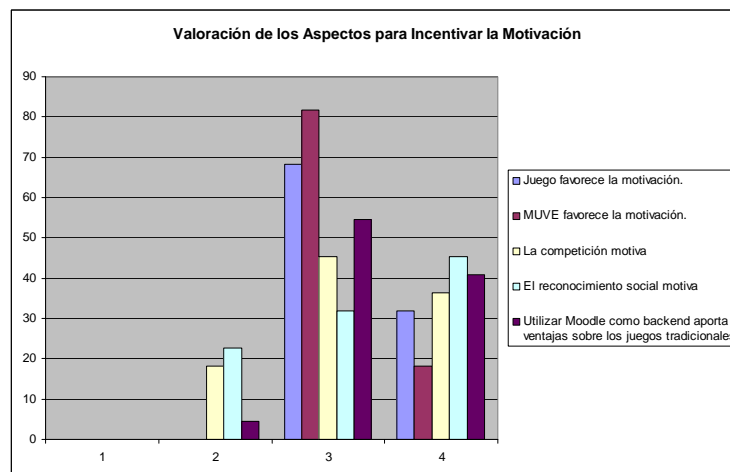
En cuanto a los alumnos participantes, todos ellos han seguido el curso la asignatura cuatrimestral “Fundamentos de Programación” durante el curso 2008-2009, utilizando la interfaz web de *Moodle* para acceder a la aplicación Mare Monstrum. Nuestra intención original era que todos los alumnos del curso utilizaran el entorno virtual Isla Dragón como interfaz de acceso al curso Mare Monstrum. Sin embargo, resultó imposible debido a que la aplicación demandaba unos requisitos *hardware* superiores a los que disponen los ordenadores de la Facultad de Físicas (en concreto, la tarjeta gráfica disponible resultaba insuficiente para los gráficos del entorno). Por este motivo, de los 54 alumnos que se registraron en el curso, 16 han participado en la prueba piloto del mundo virtual Mare Monstrum, instalándose la aplicación en sus ordenadores particulares.

La encuesta, a partir de la cual se ha hecho la evaluación, fue la misma para los dos grupos de usuarios y consta en total de 31 preguntas divididas en tres grandes bloques:

- Preguntas relativas al modelo pedagógico subyacente. Consta de 5 preguntas relativas a los beneficios, inconvenientes y aplicabilidad sobre el dominio de conocimiento (la programación) de la aproximación PBL. Son preguntas de texto libre en las que el usuario puede expresar su opinión.
- Preguntas relativas a la funcionalidad e interés educativo del entorno Mare Monstrum. Las cuatro primeras están relacionadas con el impacto sobre la motivación que el usuario atribuye a los siguientes factores: la atmósfera de juego, el entorno virtual de inmersión, la competición y la vinculación de características físicas a los avatares para conseguir el reconocimiento social. La tercera está destinada recoger la opinión de cómo se valora el hecho de tener un LMS como soporte de la aplicación en relación a los juegos educativos tradicionales. Las preguntas y resultados de estas 4 primeras preguntas están reflejados en la Tabla 7.12 y en la Figura 7. 8. Las 13 preguntas siguientes están destinadas a recoger la opinión sobre la usabilidad de todas las herramientas de colaboración incluidas en el entorno (ver Tabla 7.13 y Figura 7. 9). Estas 17 primeras preguntas se contestan con una puntuación en una escala del 1 al 4 (1: muy en desacuerdo, 4: muy de acuerdo). Por último, las dos últimas preguntas son de texto libre y recogen sugerencias de los usuarios sobre nuevas funcionalidades que podrían ser implementadas.
- Preguntas relativas a la metáfora y el juego. Las primeras 6 preguntas de este apartado pretender recoger la opinión de los usuarios sobre la historia que sirve como hilo conductor (si resulta atractiva y si es adecuada al dominio de conocimiento) y la valoración de las metáforas gráficas elegidas para representar las herramientas pedagógicas en el mundo virtual. Todas estas preguntas están valoradas en la misma escala que las del bloque anterior (ver Tabla 7.14 y Figura 7. 10). Por último se recogen en un campo de texto libre sugerencias para mejorar tanto la metáfora como el mecanismo del juego.

Pregunta	% alumnos en desacuerdo o muy en desacuerdo	% alumnos de acuerdo o muy de acuerdo	% profesores en desacuerdo o muy en desacuerdo	% profesores de acuerdo o muy de acuerdo
1. La motivación del alumno se puede ver favorecida por el uso el uso de un juego como escenificación del aprendizaje.	0%	100%	0%	100%
2. La motivación del alumno se puede ver favorecida por el uso el uso de un escenario de inmersión 3D como escenificación del juego.	14,28%	85,71%	25%	75%
3. La concepción del aprendizaje tal y como se ha diseñado el juego, una escuela de guerreros en la que se fomenta la competición, es motivadora para el alumno.	21,42%	71,48%	12,5%	87,5%
4. La idea de vincular características físicas a los logros intelectuales de los alumnos como mecanismo para fomentar la motivación por reconocimiento social son interesantes.	21,71%	71,42%	25%	75%
5. Haber desarrollado el mundo sobre un sistema de gestión de aprendizaje o campus virtual (Moodle) aporta ventajas sobre los juegos educativos tradicionales.	7,14%	78,57%	0%	100%

**Tabla 7.12.** Valoración de los aspectos relativos a la incentivación de la motivación desglosado por colectivos (alumnos y profesores).

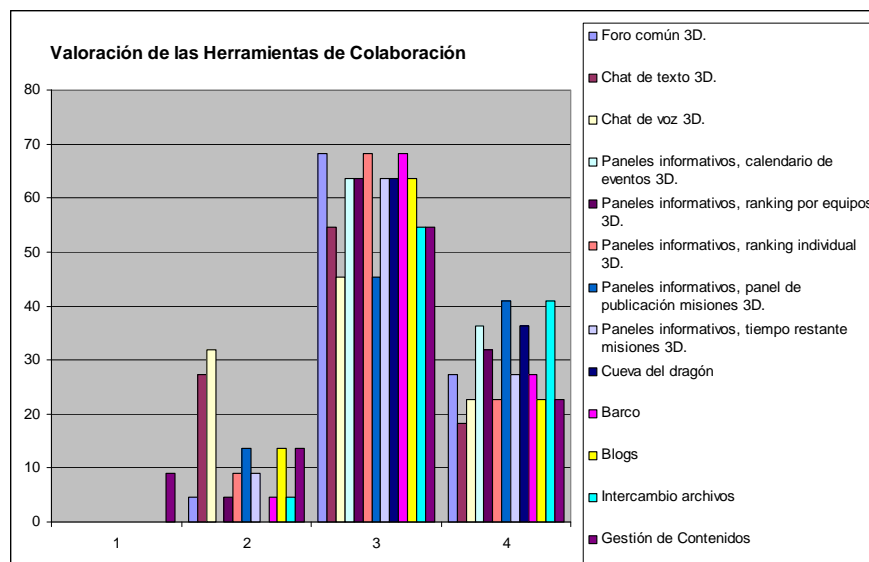


**Figura 7.8.** Desglose de la valoración de los aspectos relativos a la incentivación de la motivación (global para ambos colectivos). Escala: 1 muy en desacuerdo, 4 muy de acuerdo.



<b>Pregunta:</b> El entorno desarrollado es esencialmente un espacio de colaboración en el que el trabajo se organiza por equipos y roles asignados por el profesor. De las herramientas que has observado en el entorno, creo que son útiles:	% alumnos en desacuerdo o muy en desacuerdo	% alumnos de acuerdo o muy de acuerdo	% profesores en desacuerdo o muy en desacuerdo	% profesores de acuerdo o muy de acuerdo
1. Foro común 3D.	7,14%	92,85%	0%	100%
2. Chat de texto 3D.	42,85%	57,14%	0%	100%
3. Chat de voz 3D.	42,85%	57,14%	12,5%	87,5%
4. Paneles informativos, calendario de eventos 3D.	0%	100%	0%	100%
5. Paneles informativos, ranking por equipos 3D.	0%	100%	12,5%	87,5%
6. Paneles informativos, ranking individual 3D.	7,14%	92,85%	12,5%	87,5%
7. Paneles informativos, panel de publicación misiones 3D.	14,28%	85,71%	12,5%	87,5%
8. Paneles informativos, tiempo restante misiones 3D.	7,14%	92,85%	12,5%	87,5%
9. Herramienta de comunicación con el tutor, cueva del dragón.	0%	100%	0%	100%
10. Herramientas de trabajo por equipos, barco.	7,14%	92,85%	0%	100%
11. Herramientas de trabajo por equipos, blogs de alumno.	14,28%	85,74%	12,5%	87,5%
12. Mecanismo para compartir archivos (alumno-alumno, alumno-tutor), a través de copia en inventario o referencia.	7,14%	92,85%	0%	100%
13. La usabilidad del entorno desde el punto de vista de la gestión de los contenidos relacionados con el curso es buena	28,57%	71,42%	12,5%	87,5%

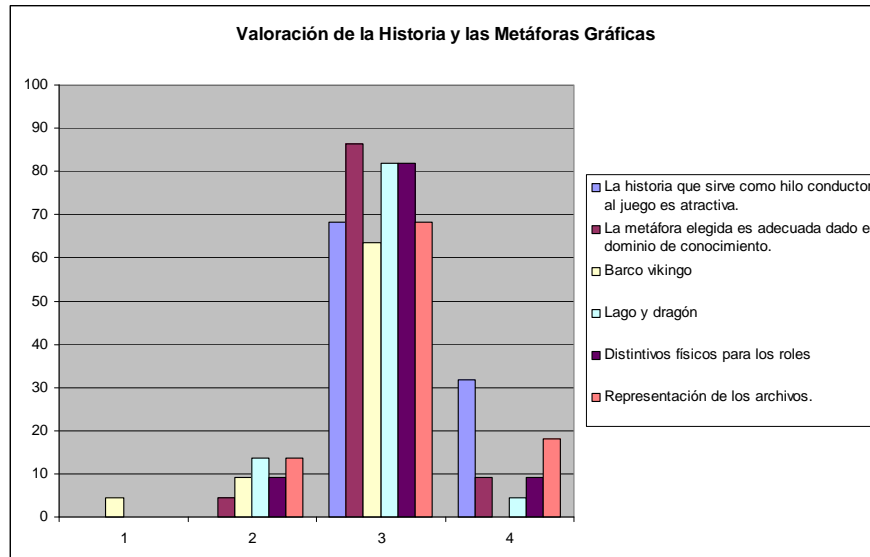
**Tabla 7.13.** Valoración de las herramientas de colaboración desglosada por colectivos (alumnos y profesores).



**Figura 7.9.** Desglose de la valoración de las herramientas de colaboración en términos de usabilidad (global para ambos colectivos). Escala: 1 muy en desacuerdo, 4 muy de acuerdo.

Pregunta:	% alumnos en desacuerdo o muy en desacuerdo	% alumnos de acuerdo o muy de acuerdo	% profesores en desacuerdo o muy en desacuerdo	% profesores de acuerdo o muy de acuerdo
1. La historia que sirve como hilo conductor al juego es atractiva.	0%	100%	0%	100%
2. La metáfora elegida es adecuada dado el dominio de conocimiento.	0%	100%	12,5%	87,5%
3. Las siguientes metáforas gráficas elegidas para representar las herramientas pedagógicas son adecuadas:	21,42%	78,54%	0%	100%
3.1. Barco vikingo como lugar de colaboración para un grupo.				
3.2. Lago del dragón y catapulta como herramientas de comunicación con el tutor	14,28%	85,71%	12,5%	87,5%
3.3. Distintivos físicos de los distintos roles.	0%	100%	25%	75%
3.4. Representación de los archivos	14,28%	85,71%	12,5%	87,5%

**Tabla 7.14.** Valoración de la historia que sirve como hilo conductor al juego y las distintas metáforas gráficas elegidas para las herramientas del entorno desglosadas por colectivos (alumnos y profesores).



**Figura 7. 10.** Desglose de la valoración de la historia y las metáforas gráficas (global). Escala: 1 muy en desacuerdo, 4 muy de acuerdo.

### 3.4. Análisis crítico de los resultados

La segunda fase de prototipado consta de dos casos de estudio con mecanismos de evaluación muy diferentes. El primero fue llevado a cabo en un contexto real de aprendizaje y se aplica de nuevo a la asignatura “Fundamentos de Programación” (utilizada también como caso de estudio en la primera fase). Si bien, hay que destacar que se introdujeron algunas modificaciones con respecto a la fase anterior: la participación fue obligatoria, se incrementó el ambiente competitivo y se utilizó *Moodle* como herramienta base. Las medidas de efectividad consideraron, además de los aspectos contemplados en la primera fase (tasas de abandono y tasas de aprobados en examen final) una evaluación final de los usuarios que recoge su opinión sobre los aspectos más relevantes del sistema. El segundo caso de estudio, consistió en una evaluación con expertos y usuarios seleccionados de los dos colectivos principales del proceso educativo (profesores y alumnos), en la que se recoge su opinión a través de un cuestionario. Se utiliza este cuestionario como base para establecer las métricas de efectividad del sistema.

En cuanto al primer caso de estudio, resulta destacable que se mantiene la reducción con respecto a las tasas de abandono registradas en cursos anteriores a la aplicación del marco: el 16% frente 62% en 2005-06 y 70% en 2006-07. Si bien, se produce un ligero incremento con respecto a las registradas en el grupo experimental del año anterior (de participación voluntaria 9,09%).

También resultan interesantes algunas de las conclusiones extraídas de la retroalimentación de los estudiantes realizada a través de la encuesta. Globalmente, el sistema recibió evaluaciones muy positivas. La gran mayoría de los alumnos percibieron la experiencia como muy positiva (88,37%) y consideraron que el nivel de conocimien-

tos técnicos adquiridos era superior que en un sistema tradicional (81,4%). Además, el escenario les resultó motivante (95,35%) y consideraron que les había ayudado a adquirir habilidades sociales y de trabajo en grupo (90,7%).

Sin embargo, un porcentaje considerable de los alumnos (si bien inferior en todos los casos al 50%) han evaluado negativamente los siguientes aspectos del sistema:

- Para el 32,76% de los alumnos, el mecanismo para la organización de los equipos no resultó satisfactorio. Los motivos identificados como causa del descontento eran básicamente dos: algunos de los alumnos, señalaron que los grupos a los que habían sido asignados incluían gente con personalidades conflictivas y antagónicas, por lo que la organización del trabajo no resultó efectiva. El otro grupo de alumnos descontentos adujo como causa el hecho de verse forzados a trabajar con gente desconocida, en lugar de poder agruparse con sus amigos.
- Para el 34,88% de los alumnos, trabajar en un ambiente altamente competitivo resulta frustrante. Lejos de resultar motivados, la atmósfera de presión les inhibe y estresa. Consideran que la colaboración intergrupala es más fructífera que la competición, y que ésta desaparece cuando se sobrecarga la atmósfera competitiva.
- El 39,53% de los alumnos consideran que los roles no son útiles a la hora de repartir las tareas y organizar el trabajo. Piensan que como primera aproximación a la organización es de cierta utilidad pero, sin embargo, las dinámicas cambiantes hacen que las responsabilidades terminan difuminadas entre todos los miembros del equipo. Muchos de estos alumnos, consideran, además, que el único rol relevante es el de líder, que tiene una carga superior de trabajo al del resto, y que de él depende directamente el éxito o fracaso del trabajo.
- El 44,19% de los alumnos no ve ninguna ventaja a utilizar un entorno virtual de inmersión con avatares como interfaz de usuario. Lo que implica que sólo una pequeña mayoría lo considera beneficioso para la motivación.

Con respecto al segundo caso de estudio, la evaluación con expertos y usuarios seleccionados, también se pueden extraer una serie de conclusiones interesantes:

- Con respecto a los aspectos del sistemas destinados a incentivar la motivación.
  - Mientras que el 100% tanto de profesores como de alumnos opinan que el aprendizaje concebido como un juego favorece la motivación, los beneficios de utilizar un MUVE como interfaz no son tan unánimes: el 14,28% de los alumnos y 25% de los profesores no ven claro los beneficios de un entorno de estas características. Estos resultados señalan una tendencia similar, aunque menos acusada, a los apuntados en los resultados del primer caso de estudio de esta misma fase (el 44,19% estaba en desacuerdo). La mejora en la valoración del entorno podría deberse a que los alumnos que han actuado como evaluadores de esta segunda fase, han utilizado la herramienta con la interfaz del MUVE, con lo que han podido percibir beneficios en la motivación.
  - Existe una disparidad entre los dos colectivos a la hora de valorar la utilidad del LMS como *back-end* de la aplicación, mientras que el 100% de los profesores están de acuerdo o muy de acuerdo, el porcentaje se reduce al 78,57% de los alumnos. Esto resulta bastante lógico desde nuestra perspectiva, los beneficios de tener una centralización de datos y servicios son mayores para el profesor que para el alumno.

- Por último, los aspectos relacionados con la potenciación de la competición (directa y por reconocimiento social) están de nuevo entre los menos populares del sistema. La opinión de los alumnos es bastante uniforme para los dos aspectos: por encima del 21% están en desacuerdo con la utilización de ambos tipos de elementos. El porcentaje de profesores en desacuerdo es del 12% para la competición directa y del 25% para la utilidad de distintivos que potencien el reconocimiento social.
- Con respecto a la utilidad pedagógica de las herramientas de colaboración existentes en el entorno, todas han sido evaluadas positivamente por más del 85%, tanto por profesores como por los alumnos, a excepción de dos:
  - El 44% de los alumnos consideran el chat (tanto de texto como de voz) de poco valor pedagógico. Esto es francamente sorprendente para nosotros. Esta ha sido la herramienta más utilizada, con mucha diferencia, por los 16 alumnos que se han instalado el sistema y que han participado en esta evaluación. Una posible explicación ante esta aparente contradicción, es que los propios alumnos consideran que estas herramientas les hacen perder más tiempo en asuntos “extra pedagógicos” que lo que en realidad les aportan para su formación.
  - El 28% de los alumnos consideran que la herramienta es pobre desde el punto de vista de gestión de contenidos. Esto resulta coherente, sin embargo, con la concepción del sistema. Si bien se pueden intercambiar contenidos, no es la utilidad principal del sistema, y desde el punto de usabilidad en este aspecto es natural que resulte algo pobre en comparación a sistemas específicos.
- Tanto la historia, como las metáforas gráficas elegidas han sido evaluadas positivamente por más del 85% de los dos colectivos de usuarios. A excepción del barco como metáfora y herramienta de colaboración del grupo, para la que disminuye la valoración al 78% de los alumnos (los profesores se mantienen de acuerdo mayoritariamente).

#### 4. A modo de conclusión

En este capítulo se han expuesto detalladamente las dos fases de prototipado realizadas como pruebas de concepto para corroborar el conjunto básico de hipótesis sobre las que se sustenta Nucleo. Para ambas fases se han descrito: los objetivos, el caso o casos de estudio realizados y una discusión sobre los resultados experimentales obtenidos.

Aunque los casos 1 y 2 indican que para el grupo Nucleo mejoraron de manera muy significativa las tasas de abandono y el porcentaje de aprobados, es discutible hasta qué punto se debe a la influencia del método en sí, o si los resultados se han visto afectados por otros factores que han podido alterar las medidas realizadas. Un aspecto clave a considerar es el hecho de que, en ambos casos, la participación en el grupo experimental ha sido voluntaria, lo que podría haber atraído a los alumnos más motivados a priori. Otro factor podría estar asociado a la diferente actitud del profesor, quien mostrando más entusiasmo en la aplicación del método experimental que en las clases tradicionales, podría haber condicionado la actitud de los alumnos.

Con respecto a la primera consideración, el primer caso de estudio de la fase 2, de participación obligatoria, muestra resultados contundentes. Las tasas de abandono se mantienen en el 16%. Este ligero incremento con respecto al año anterior, probablemente esté relacionado con la participación obligatoria. Sin embargo, resulta una mejora considerable considerando las tasas anteriores a la aplicación del marco Nucleo.

En cuanto a la posible influencia en los resultados de la actitud del profesor, al tratarse de una consideración mucho más subjetiva, resulta más difícil de argumentar. Aun así, se pueden aportar algunos indicadores objetivos. En primer lugar, la profesora ha sido la misma durante los cuatro últimos cursos, y también lo ha sido el temario. Previamente había aplicado en sus clases técnicas de PBL (pero sin el revestimiento del juego y sin consideraciones sobre la formación de equipos) sin obtener resultados significativos.

Por otro lado, también podría resultar discutible la utilización de la calificación obtenida en los exámenes como medida de la efectividad pedagógica de Nucleo. Sin embargo, los exámenes son a día de hoy el mecanismo que con más frecuencia se emplea en España para valorar la adquisición del conocimiento, por lo que nos hemos decantado por él aún siendo conscientes de sus limitaciones. En particular, resulta especialmente complicado medir la efectividad de las estrategias de aprendizaje basado en juegos, más aún cuando se aplica en escenarios complejos en los que tradicionalmente se habían empleado otros métodos de aprendizaje, tal y como sucede en el caso de Nucleo [Freitas, 2006a; Hays, 2005; Horizon, 2007].

Por este motivo, en el primer caso de estudio de la segunda fase se han utilizado medidas subjetivas de la efectividad utilizando las opiniones de los alumnos como métricas adicionales de la efectividad del sistema.

Como conclusión global, se puede decir que, a la luz de los resultados obtenidos en los experimentos realizados en ambas fases, existen motivos para pensar que nuestras hipótesis iniciales se cumplen en buena medida (ver apartados 2.5, y 3.4 de este capítulo). En la primera fase, los resultados avalan la hipótesis de que la estrategia en sí tiene un efecto positivo sobre la motivación y que la interacción de los alumnos se incrementa, obligándoles a desarrollar habilidades sociales. Resultados que se corroboran en el primer caso de estudio de la segunda fase. Sin embargo, creemos que son necesarios más experimentos para adquirir una perspectiva temporal más amplia.

También se ha arrojado luz sobre determinados aspectos a los que es necesario prestar atención adicional. En concreto:

- El modelo de adaptación para la formación de equipos debe mejorarse con características adicionales que incluyan, por ejemplo, factores de personalidad. Se están estudiando posibles alternativas al marco de Vermunt, como base del modelo de creación de equipos, entre ellas la teoría de la Adaptación-Innovación de Kirton [Kirton, 2006].
- Aunque la competición sirve como incentivo para la mayoría de los alumnos, existe un porcentaje considerable que trabajan por debajo de sus posibilidades en este ambiente. Es necesario re-diseñar el escenario para dar cabida a este grupo de alumnos.
- Es necesario realizar más experimentos que corroboren la utilidad de un mundo virtual como interfaz de usuario. Los realizados hasta la fecha son insuficientes

para establecer conclusiones determinantes sobre su utilidad como elemento motivador.

Por último es necesario mencionar que en todos los experimentos realizados, sin excepción, se ha encontrado una fuerte resistencia a cambiar la estrategia de aprendizaje habitual. Esta resistencia afecta tanto a los profesores como a los alumnos implicados en los experimentos. En concreto, los principales focos de tensión detectados tienen que ver con:

- Los alumnos no tienen libertad para elegir a sus compañeros de equipo, sino que es el sistema (y en última instancia el profesor) quien les asigna a un equipo concreto en virtud de su estilo de aprendizaje (ver Capítulo 4 apartado 3.2). Esto generó hasta tal punto tensiones en uno de los casos de estudio, para la asignatura LP2 (apartado 2.3 de este capítulo), que debido a las quejas emitidas por los alumnos al director de departamento, hubo que reducir el ámbito de aplicación original a sólo un grupo de voluntarios (inicialmente se pensó en hacer participar a todos los alumnos).
- Los alumnos deben verse obligados a determinar y adquirir, por sí mismos, los conocimientos necesarios, localizando en el proceso las fuentes de las cuales adquirirlos. Esto provoca tensiones no sólo en los propios alumnos, sino también en los profesores. Los alumnos están acostumbrados a recibir pasivamente la información durante las sesiones teóricas, con lo que se incrementa considerablemente su trabajo. En el caso de los profesores, se ha detectado cierta resistencia a cambiar su papel protagonista en el escenario educativo, puesto que pasan de ser el foco donde reside el conocimiento a asesorar a los alumnos.
- Alumnos y profesores se ven obligados a cambiar su rutina habitual de trabajo. Por lo general, en los cursos tradicionales, los alumnos están acostumbrados a trabajar de manera muy discontinua; realizan enormes esfuerzos en las fechas próximas a los exámenes, y estudian poco o casi nada durante el resto del tiempo. Con la estrategia Nucleo, su carga de trabajo se reparte a lo largo de todo el curso, lo que les obliga a seguir un ritmo de trabajo considerable durante todo el tiempo. Para el profesor, no sólo cambia su forma habitual de trabajo, puesto que pasa a desempeñar un rol para el que no ha sido preparado ni formado, sino que también aumenta su carga, al verse obligado a hacer un seguimiento del progreso de multitud de pequeños grupos de alumnos.

Como trabajo futuro, se está iniciando un análisis que utiliza la Teoría de la Actividad [Vygotsky, 1978] como base para hacer un análisis sobre las tensiones detectadas (ver Capítulo 8 apartado 3.2).

## Capítulo 8.

### Conclusiones

#### 1. Resumen general de la propuesta

La educación superior sufre, hoy en día, una compleja problemática que combina un descenso en la motivación de los alumnos (de la que se deriva, entre otras situaciones, un incremento de las tasas de abandono estudiantil), con la demanda creciente por parte del mercado laboral de profesionales que posean un conjunto de habilidades que van más allá de los meros conocimientos técnicos. Quizá por este motivo, en el campo de la innovación educativa, se puede observar una marcada tendencia a desplazar los sistemas didácticos, basados en la transferencia objetiva de conceptos, hacia modelos más centrados en el alumno. La característica común a todos ellos es que se trata de dar más relevancia al alumno y el objetivo del proceso educativo está enfocado no sólo hacia la adquisición de conocimientos, sino también al desarrollo de cualidades intelectuales orientadas hacia el auto-aprendizaje, a la resolución de problemas en contextos realistas y al desarrollo de las capacidades de trabajo en grupo y de comunicación (características hemos unificado dentro del término genérico *soft skills*) [Cullen, 2002].

En los últimos tiempos se ha incrementado el desarrollo de aplicaciones educativas que tienen como base pedagógica principios constructivistas, implementadas a través de entornos altamente interactivos y que incorporan nuevas funcionalidades (v.g. presentación gráfica, comunicación). Dos ejemplos claros de este tipo de enfoques son las aplicaciones de aprendizaje basado en videojuegos o las redes sociales.

Con respecto a estos nuevos tipos de aplicaciones, y más concretamente los videojuegos y los mundos virtuales multi jugador (MUVEs), si bien han demostrado ser eficientes para algunos contextos, pueden no serlo tanto en otros dependiendo principalmente del sector de población al que se apliquen y del dominio del conocimiento objeto de estudio. Por ello, consideramos que es un serio inconveniente el hecho de que, en la mayor parte de los casos, sean soluciones *ad-hoc* desarrolladas de espaldas a los gestores de enseñanza (LMS, *Learning Management System*), que son las herramientas que cubren un espectro más amplio de estrategias pedagógicas y que actualmente tiene mayor nivel de implantación en ámbitos educativos de educación superior y de formación empresarial.

Partiendo de estas premisas, en este trabajo se ha propuesto una aproximación destinada a los llamados *nativos digitales* [Prensky, 2001] para un contexto de *blended learning* (aprendizaje presencial con apoyo virtual) en dominios de fuerte contenido práctico. Esta aproximación se ha concretado en una arquitectura de referencia que



se instancia en distintos sistemas y que hemos llamado de forma genérica Nucleo. En ella se combinan una serie de tecnologías destinadas a implementar una estrategia de aprendizaje que tiene los tres siguientes objetivos prioritarios:

- Aumentar la motivación de los alumnos y reducir, con ello, las altas tasas de abandono.
- Estimular a los alumnos a mantener un rol más activo en el aprendizaje.
- Potenciar el desarrollo de habilidades sociales y de trabajo en grupo.

Se ha elegido una aproximación PBL (*Problem Based Learning*) como estrategia de aprendizaje subyacente a Nucleo, ya que se ha probado sobradamente la eficacia de este tipo de aproximación en el desarrollo del tipo de objetivos de aprendizaje que perseguimos [Boud, 1991; Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1992; Stepien, 1993]. Sobre el esquema clásico de una aproximación PBL se han añadido una serie de modificaciones orientadas a incrementar su eficacia en relación a los objetivos propuestos:

- Escenificación en un MUVE que encastra en su narrativa los problemas que deben ser resueltos de manera colaborativa. De esta manera el aprendizaje se desarrolla en un nuevo contexto de mundo fantástico. En este mundo los alumnos están representados por personajes o *avatares* con un determinado rol, lo que, de acuerdo a diversos estudios, probablemente contribuya a aumentar la motivación y a fomentar el establecimiento de vínculos de colaboración [Dickey, 2005; Dede, 2004; Antonacci, 2005].
- Formación de equipos heterogéneos en cuanto a estilos de aprendizaje tomando como base el modelo ILS de Vermunt [Vermunt, 1994]. Esta estrategia tiene un doble objetivo. Por un lado se pretende enriquecer las interacciones sociales entre los integrantes del equipo, al obligar a gente de diversas cualidades y aptitudes a colaborar con un objetivo común. Y por otro lado, se trata de aligerar parte de la carga adicional de trabajo que supone normalmente para el tutor el PBL, desviándola hacia la figura del líder del equipo. De acuerdo con las consideraciones de Vermunt, el identificado como líder del equipo es un estudiante con una estrategia de aprendizaje más efectiva y con mayor capacidad organizativa.
- Asignación de roles funcionales tomando como base la categorización resultante del ILS de Vermunt. Diversos estudios han demostrado que la utilización de roles como base para la coordinación del trabajo, aumenta la efectividad del equipo y mejora las dinámicas de grupo [Strijbos, 2004]. Por otro lado, el grado de compromiso de los miembros del equipo aumenta al tener unas responsabilidades bien definidas.

Las instancias de Nucleo han sido diseñadas de acuerdo con una arquitectura de referencia que tiene como objetivo integrar soluciones *e-learning* diseñadas para un contexto específico, con herramientas genéricas de gestión integral del aprendizaje (los LMS). De esta manera, se pretende enriquecer las posibilidades del entorno educativo, tanto desde el punto de vista pedagógico como de consistencia y persistencia de los datos.

La propuesta ha sido desarrollada siguiendo una variación sobre las metodologías de prototipado rápido que toma como referencia para el desarrollo de materiales y sistemas educativos la metodología ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementa-*

*tion and Evaluation*, es decir, Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) [Molenda, 2003; Hall, 1997] combinado con técnicas específicas de ingeniería del software, en concreto, el prototipado rápido. Hasta el momento, se han llevado a cabo dos fases de prototipado con el objetivo de probar incrementalmente el conjunto de hipótesis sobre las que se asienta el diseño del sistema. Como resultado, se han obtenido datos experimentales que avalan las siguientes hipótesis:

- *La escenificación del aprendizaje en la dinámica de un juego de rol es positivo para la motivación.* La aplicación del sistema ha mejorado claramente las tasas de abandono y la tasa de aprobados en examen en todos los casos de estudio realizados para evaluar la aproximación con alumnos reales. El 95% de los alumnos han opinado que Nucleo es una forma de trabajo más motivante que las clases convencionales.
- *La estrategia de aprendizaje fomenta la participación activa de los alumnos que, en la mayoría de los casos, abandonan su rol de oyentes pasivos.* Como en el caso anterior, la reducción de la tasa de abandono y el aumento de los alumnos presentados a examen es un indicativo del cambio de actitud experimentado. En esta misma línea se ha registrado que con el uso de Nucleo las interacciones a través de las herramientas de colaboración virtual se han multiplicado por cinco con respecto al uso del campus virtual en un escenario clásico.
- *Los alumnos adquieren los conocimientos técnicos contemplados en el programa docente de la asignatura.* En todos los casos de estudio realizados, ha aumentado el porcentaje de alumnos aprobados y se ha incrementado ligeramente la nota media obtenida (utilizando un examen similar en dificultad y contenidos con el de años anteriores).
- *Se incrementan las interacciones sociales y los alumnos perciben que el sistema les ha ayudado a la adquisición de soft skills y habilidades de trabajo en grupo.* No sólo ha aumentado el nivel de participación (frecuencia y número total de usos de las herramientas de colaboración virtual), también de acuerdo a la encuesta de satisfacción realizada, el 90,7% de los alumnos ha percibido una mejora de este tipo de habilidades.
- *El uso de roles funcionales ayuda a gestionar la organización del grupo y mejora la coordinación del trabajo.* Por tanto parece que el sistema de formación de equipos es satisfactorio. El 67,44% de los alumnos responde positivamente sobre estos aspectos en la encuesta. Además, los resultados globales obtenidos indican, que el sistema funciona adecuadamente en relación al descenso en la tasa de abandono y el nivel de conocimientos adquiridos por los alumnos. Sin embargo, consideramos que sería conveniente mejorar el nivel de satisfacción de esta funcionalidad. Contemplamos enriquecer el modelo de usuario del que se nutren estas dos funcionalidades (que actualmente sólo contempla el ILS de Vermunt) con información adicional que contemple otros factores, tales como la personalidad del individuo y el nivel de participación.
- *La competición es un aliciente para la motivación.* Para el 65,44 % de los alumnos es un factor de motivación considerable. De hecho, también se ha detectado mediante el análisis de las conversaciones intercambiadas en foros y chats, que el ocupar los primeros puestos de los rankings se convierte en un objetivo prioritario para los equipos. Adicionalmente, es un mecanismo que disminuye la copia de prácticas entre los equipos (problema endémico del que adolecen las asigna-

turas con fuerte componente de entrega de prácticas). Sin embargo, aunque globalmente beneficie al funcionamiento del sistema y sus dinámicas, hay algunos alumnos para los que una atmósfera excesivamente competitiva resulta perjudicial y estresante.

No obstante, no todos los resultados obtenidos son tan claros, por ejemplo, los datos obtenidos en los experimentos realizados hasta la fecha, no arrojan resultados concluyentes sobre cómo afecta el uso de un mundo virtual en 3D con avatares como escenario para el aprendizaje a la motivación y al desarrollo de las dinámicas de grupo. Tan sólo una ligera mayoría de los alumnos participantes en el primer caso de estudio, el 55,81% de los alumnos, consideran el entorno como un elemento importante para la motivación. Sin embargo, para el segundo caso de estudio, el porcentaje sube al 85,71%.

## 2. Principales aportaciones de este trabajo

La principal aportación de este trabajo es realizar un planteamiento completo del proceso de desarrollo de aplicaciones educativas que contempla desde el análisis de las teorías educativas subyacentes, pasando por el planteamiento de una arquitectura abstracta y su implementación en dos instancias, hasta la evaluación con alumnos reales de los sistemas que hemos generado a partir del modelo de referencia Nucleo.

Más en detalle, consideramos que las aportaciones de este trabajo son:

### 1. Análisis extenso del contexto del e-learning, de sus fundamentos teóricos, sus demandas y sus problemas.

Dentro de este estudio, se han analizado un amplio espectro de herramientas *e-learning* disponibles hoy en día en el mercado, bajo el punto de vista de la corriente de aprendizaje que subyace. Nuestro objetivo ha sido tratar de establecer una correspondencia entre necesidades y problemas del contexto educativo actual, y sus posibles soluciones tecnológicas.

### 2. Propuesta de un marco conceptual para diseñar aplicaciones e-learning, en base a un conjunto de requisitos situacionales, con vistas a ser integradas en un LMS.

Como resultados de este estudio, hemos llegado a la conclusión de que la eficiencia de las aplicaciones estudiadas está condicionada por unos *requisitos situacionales*. Es decir, una solución *e-learning* es más o menos eficiente en función de a quién se aplica, para qué dominio de conocimiento, en qué situación y, sobre todo, de cuáles sean los objetivos del aprendizaje. Esto nos ha llevado a considerar las ventajas de disponer de una aplicación global que funcione como marco de integración para soluciones específicas diseñadas en base a requisitos concretos: los LMS (Learning Management Systems). Este tipo de aplicaciones son de uso generalizado en el contexto educativo actual, permiten implementar una gran variedad de estrategias pedagógicas, disponen de una gran variedad de servicios y tienen una base de datos centralizada.

Partiendo de esta premisa, hemos desarrollado un marco conceptual que abstrae una serie de componentes de diseño para el desarrollo de aplicaciones *e-learning* en base a unos requisitos situacionales específicos, que permitiría su integración con un LMS.

### 3. Diseño de la propuesta Nucleo.

Integrando las conclusiones obtenidas en los dos puntos anteriores, hemos diseñado una propuesta para los siguientes requisitos situacionales:

- El sector de población al que está destinada a los denominados *nativos digitales*.
- Se utilizará en dominios de aprendizaje de carácter marcadamente práctico.
- El contexto de utilización es una situación mixta presencial-virtual (*blended learning*).
- Buscamos, como objetivos del aprendizaje, que los alumnos adquieran conocimientos técnicos, pero también que desarrollen *soft skills* y habilidades de trabajo en grupo.

La propuesta utiliza el PBL (*Problem Based Learning*) como estrategia base de aprendizaje, con la incorporación de un conjunto estrategias destinadas a mejorar las dinámicas de grupo, la coordinación del trabajo y la motivación, en entornos no presenciales.

Tomando el marco conceptual como patrón de diseño, se han propuesto las siguientes componentes del sistema:

*Una estrategia de aprendizaje y un modelo para formalizarla.* La estrategia de aprendizaje que aquí se propone se sustenta sobre un conjunto de hipótesis que es necesario comprobar experimentalmente. En primer lugar, que el envolver el aprendizaje en un escenario de juego incrementa la motivación y alienta a los alumnos a tomar un papel más activo en el aprendizaje. En segundo lugar, que se consigue que los alumnos adquieran los conocimientos técnicos previstos y descritos en el programa docente. Y en tercer lugar, que el sistema les ayuda a desarrollar *soft skills* y habilidades de trabajo en grupo.

*Un módulo de adaptación.* Este módulo está destinado principalmente a implementar dos de las estrategias que se han añadido al esquema básico PBL para mejorar su eficiencia en entornos no presenciales (mejora de las dinámicas de grupo y mejora de la coordinación del trabajo) a través de la formación automática de equipos y la asignación de roles funcionales. Para ello utiliza un modelo subyacente (el ILS de Vermunt) que permite clasificar a los alumnos en base a su estilo de aprendizaje. La hipótesis sobre las que se sustenta este modelo son dos: que el ILS de Vermunt es adecuado como base de clasificación y que el criterio de heterogeneidad utilizado como base para la formación de equipos es satisfactorio desde el punto de vista de los objetivos propuestos.

*Una interfaz de usuario.* Se ha elegido como interfaz de usuario un mundo virtual (MUVE) inmersivo en el que los personajes están representados como *avatares* configurables. Las hipótesis sobre las que subyace la elección de este entorno son dos: se incrementa la motivación y se potencia el desarrollo de vínculos afectivos entre los participantes que lleven a mejorar el proceso de colaboración.

*Una arquitectura para integrar Nucleo con un LMS.* Nucleo se ha diseñado de acuerdo a una arquitectura modular que permite su utilización a modo de *plug-in* desde un sistema LMS. Nuestras hipótesis son: En primer lugar, que de esta forma la usabilidad de ambos sistemas se incrementa. Además permite ahorrar costes y facilita la integración de las soluciones en el contexto educativo a través de un entorno pre-existente.

4. Prueba incremental de las hipótesis Nucleo a través de una metodología de implementación basada en el prototipado rápido.

Las hipótesis básicas sobre las que se sustenta el sistema han sido probadas de acuerdo con un plan de desarrollo por fases de prototipado rápido basado en la metodología ADDIE. Nuestro objetivo ha sido en todo momento ajustarnos al limitado presupuesto disponible y, al mismo tiempo, incrementar la eficiencia pedagógica del sistema.

Pensamos que, además, este trabajo contribuye a aportar algo de luz a una problemática compleja y difícil de abordar: el descenso de rendimiento que venimos observando en nuestras aulas en los últimos tiempos. A través de nuestra propuesta, hemos conseguido durante dos años consecutivos, y en varios escenarios educativos, mejorar ostensiblemente los resultados y el ambiente de las aulas.

Ciertamente, se trata de una demostración parcial ya que la evaluación rigurosa de las ventajas de estos sistemas en entornos que tienen tantas variables (algunas de ellas no muy controlables) es muy complejo y no abordable para un proyecto de presupuesto limitado. Para obtener una perspectiva temporal precisa y concluir la corroboración de nuestras hipótesis sería necesario continuar aplicando el sistema Nucleo en distintos escenarios educativos durante los próximos años. Además, no es comparable ni en presupuesto ni en tamaño a otros proyectos como puede ser el *Virtual Leader Project* [Virtual Leader, 2008]. Por último, también resulta discutible si las métricas utilizadas como indicadores de eficiencia son los suficientemente fiables. De hecho, este aspecto de la evaluación es una de las cuestiones abiertas para este tipo de entornos que preocupa a la comunidad educativa [Hays, 2005; Horizon, 2007]. Aun así, en nuestra opinión el resultado es suficientemente prometedor y, como dijo Galileo, “*Eppur si muove*”... y, sin embargo, se mueve.

### 3. Trabajo futuro

Aunque este trabajo de tesis ha completado las fases inicialmente prevista para su ejecución, el entorno Nucleo es una aplicación abierta en fase de continuo desarrollo. Nuestro modelo de desarrollo nos ha llevado a plantearnos el proyecto de manera incremental a través de fases sucesivas de prototipado hasta llegar a un sistema estable. Dentro de este modelo, están en proyecto o en curso de realización las siguientes fases:

#### 3.1. Incremento y mejora de las funcionalidades del sistema desde el punto de vista del usuario.

Con el fin de probar rigurosamente las hipótesis relacionadas con el uso del mundo virtual, estamos construyendo un prototipo más estable y con mayor funcionalidad para poder ser evaluado más fácilmente en otros contextos educativos. Para ello se están añadiendo una serie de mejoras en el sistema, tanto funcionales como tecnológicas. Entre otras:

- Desarrollo de un instalador. Para que los alumnos puedan instalarse el entorno en sus ordenadores particulares sin que tengan necesidad de conocimientos técnicos, es necesario mejorar la instalación automática del entorno.
- Desarrollo de nuevas herramientas que faciliten el trabajo colaborativo. De manera prioritaria, queremos implementar una herramienta para la edición colaborativa de documentos integrada en el sistema. El objetivo es posibilitar el trabajo colaborativo (en particular sobre el código de un programa) en tiempo real.
- Desarrollo de herramientas destinadas a mejorar la usabilidad del entorno virtual. Entre otras, estamos trabajando en un mapa conceptual del entorno que permita acceder automáticamente a diferentes lugares de la isla instantáneamente. Asimismo, se está construyendo una herramienta que permita visualizar los usuarios que están conectados en cada momento en el entorno (para resaltar los aspectos sociales y de pertenencia a grupo como hacen habitualmente las redes sociales).
- Simplificación de los gráficos. Se está tratando de reducir los requisitos hardware que demanda la aplicación, utilizando gráficos menos elaborados, para poder instalar y ejecutar el sistema en los ordenadores de instituciones educativas que no tengan equipos de alta gama (y en particular de alguna de nuestras facultades).

### **3.2.      *Uso de la teoría de actividad (AT, Activity Theory)* [Vygotsky, 1978] como guía para el análisis de las decisiones de diseño del entorno Nucleo.**

La utilización de Nucleo en un entorno en el que el aprendizaje se ha desarrollado tradicionalmente siguiendo métodos *clásicos*, da lugar a una serie de tensiones derivadas de una lógica resistencia al cambio (ver Capítulo 7, apartado 4). En estos momentos se ha comenzado ya un estudio que utiliza la *teoría de la actividad* como marco de análisis de estas tensiones. AT es un marco filosófico y analítico que se emplea para el análisis de procesos y prácticas sociales. Se ha empleado con frecuencia para el diseño y desarrollo de sistemas software en relación a su contexto de aplicación social [Kuuti, 1996; Fuentes-Fernández, 2007; Zurita, 2007]. Esta teoría considera que cualquier entorno social sufre tensiones entre sus componentes [Engeström, 1987]. Estas tensiones, llamadas contradicciones, explican la evolución de los grupos sociales y los conflictos entre ellos, las alteraciones en el entorno, los cambios y las evoluciones en las motivaciones de los individuos. Esta línea de investigación, como base para las decisiones en el diseño de Nucleo, ya se ha iniciado. Los primeros resultados de este uso se han reflejado en el artículo “Learning teamwork skills in university programming courses” realizado por Pilar Sancho, Rubén Fuentes-Fernández y Baltasar Fernández-Manjón que ha sido aceptado para publicación en la revista *Computers & Education*.

### 3.3. Desarrollo de herramientas de apoyo al profesor.

Las estrategias de Nucleo exigen que el docente realice muchas tareas como, por ejemplo, la configuración de los grupos iniciales de trabajo en base al resultado del ILS de Vermunt o su reorganización posterior a lo largo de las misiones. El objetivo es que el sistema de un mayor soporte en dichas tareas, por ejemplo, que pueda configurar automáticamente los grupos de alumnos de modo que puedan ser posteriormente refinados o modificados por el profesor.

### 3.4. Desarrollo de un lenguaje específico de dominio (DSL) como base para simplificar y automatizar la gestión y la generación de entornos Nucleo.

Tomando como base la formalización a alto nivel de la estrategia de aprendizaje Nucleo (ver Capítulo 4, apartado 4), se va a desarrollar un lenguaje específico de dominio con vistas a automatizar la generación de estrategias. El objetivo es facilitar la labor del diseñador del curso o tutor mediante una herramienta de autoría que facilite la creación y configuración inicial del entorno para cada clase concreta.

### 3.5. Mejora del modelo de adaptación utilizando técnicas de *clustering* para actualizar dinámicamente los perfiles.

Actualmente, la información almacenada en el modelo individual del alumno, que se utiliza como base del proceso de adaptación, es estática y se recopila a través del resultado obtenido en el ILS de Vermunt (ver Capítulo 5, apartado 2). Es el tutor el que debe decidir cómo re-organizar los equipos, en base a las reglas definidas para detectar inconsistencias, bajo rendimiento o baja participación. En la siguiente fase del proyecto se van a incrementar dos aspectos del modelo de usuario: En primer lugar, enriquecer la información incluyendo aspectos tales como la personalidad del individuo o sus patrones de comportamiento colaborativo [Paredes, 2006]. En segundo lugar, se va a estudiar la aplicación de técnicas de minería de datos, en concreto la técnica conocida como *clustering*, sobre la información recopilada como resultado de la interacción del alumno con el sistema, para incrementar dinámicamente el perfil del alumno y mejorar el sistema de emisión de recomendaciones. El *clustering* es una de las técnicas más antiguas empleadas en minería de datos (o *data mining*). Consiste en agrupar los datos por similitud entre sí, en función de una serie de características comunes (llamados variables predictoras, que en conjunto conforman un determinado espacio de representación n-dimensional). Los conjuntos de datos similares entre sí, conforma los *clusters*. Esta técnica se ha empleado en sistemas de aprendizaje con diferentes objetivos: en [Talavera, 2004] se ha utilizado para descubrir patrones que reflejen el comportamiento de los usuarios en relación a los procesos de colaboración con el fin de proponer grupos de aprendizaje basándose en características similares. En [Tang, 2000; Tang, 2001; Tang, 2005] para optimizar el trabajo en grupo y aportar diagnósticos incrementales sobre el aprendizaje de los alumnos, para agrupar alumnos conforme a los objetos de aprendizaje visitados con el fin de proporcionar itinerarios de aprendizaje personalizados. En [Mor, 2004] para agrupar alumnos en función de sus habilidades y otras características. En [Hamalainen, 2004], para hacer agrupacio-

nes de preguntas de exámenes y tests en función de las notas obtenidas por los alumnos. Y en [Spacco, 2006] y [Wang, 2004] para agrupar alumnos en función de los patrones temporales de navegación establecidos en una sesión. Nuestra idea es detectar *clusters* de conductas colaborativas entre los alumnos (muy activos, intermedios y pasivos), y enriquecer con esto la información que se utiliza en la actualidad para la configuración de los equipos.

#### 4. Publicaciones relacionadas directamente con esta tesis

Este trabajo viene avalado por las siguientes publicaciones internacionales en congresos y revistas:

- Pilar Sancho, Rubén Fuentes-Fernández, Baltasar Fernández Manjón. “Learning teamwork skills in university programming courses”. *Computers & Education*. En prensa, 2009.
- Pilar Sancho, Rubén Fuentes, Pedro Pablo Gomez-Martin, Baltasar Fernandez-Manjón. “Applying multiplayer role based learning in engineering education: Three case studies to analyze the impact on students’ performance”. *International Journal in Engineering Education*. En prensa.
- Pilar Sancho, Pablo Lavín-Mera, Baltasar Fernández-Manjón. “MareMonstrum, using a MUVE for enhancing soft skills in software engineers at the Complutense University of Madrid”. In *Proceedings of Virtual Worlds for academic, organizational, and life-long learning (ViWo 2009)*. 23 Abril, 2009, Amman, Jordania, en prensa.
- Pilar Sancho, Pedro Pablo Gómez-Martín, Baltasar Fernández-Manjón: “Multiplayer role games applied to problem based learning”. In *proceedings of 3rd ACM International Conference on Digital Interactive Media in Entertainment & Arts. DIMEA 2008*. 10-12 September Athens, Greece. (In press). 2008
- Pilar Sancho, Rubén Fuentes Fernández, Baltasar Fernández-Manjón: “Nucleo: Adaptive computer supported collaborative learning in a role game based scenario”. In *Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2008)*, pp. 671.675. July 2008, Santander, Spain. (IEEE Computer Society). 2008.
- Pilar Sancho, Baltasar Fernández-Manjón. “Integración de juegos de rol multi jugador en sistemas de gestión de e-learning”. In *Proceedings of SIIE’08*. 1 al 3 de Octubre, Salamanca, España, 2008.
- Pilar Sancho, Pedro Pablo Gómez-Martín, Rubén Fuentes Fernández, Baltasar Fernández-Manjón: “Nucleo, aprendizaje colaborativo escenificado mediante un juego de rol”. *Proceedings of XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria Informática (JENUI 2008)*, Granada, Spain. 453-460. 2008.
- Pilar Sancho, Iván Martínez-Ortiz, Baltasar Fernández-Manjón, Pablo Moreno-Ger: “Development of a personalized e-learning experience based on IMS Standard technologies”. In *Mendes, A.J. et al (Eds.), Computers and Education: Towards Educational Change and Innovation*, pages 73-82 (Springer). 2008.



- Pilar Sancho, Rubén Fuentes-Fernández, Baltasar Fernández-Manjón. “Nucleo an adaptive role game based scenario”. Learning Technology Newsletter, Vol. 9, Issue 3 & 4, July-October 2007. Publication of the IEEE Computer Society. 2007.
- Pilar Sancho, Rubén Fuentes Fernández, Baltasar Fernández-Manjón. “Role game based learning in a 3d scenario”. In Proceedings of I Learning with Games conference, Niza, France, September 2007. 2007.
- Pilar Sancho, Baltasar Fernández-Manjón. “Adaptive communities of practices through games in Nucleo e-learning framework”. In Proceedings of the VI Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIE 2007), Porto, Portugal. 2007.
- Pilar Sancho, Baltasar Fernández-Manjón. “Un entorno e-learning basado en principios socio-constructivos”. In Proceedings of the VIII Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 2007), September 2007, Zaragoza, Spain. 2007.

También las siguientes publicaciones, si bien no directamente relacionadas con el sistema, forman parte de la trayectoria de la evolución de esta investigación:

- Pablo Moreno-Ger, Pilar Sancho, Iván Martínez-Ortiz, José Luis Sierra, Baltasar Fernández-Manjón. “Adaptive units of learning and educational videogames”. Journal of Interactive Media in Education 2007/05. [<http://jime.open.ac.uk/2007/05>]. 2007.
- Pilar Sancho, Baltasar Fernández-Manjón. “Using dynamic learning design patterns to construct powerful learning environments”. In Proceedings of VIII Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIE 2006), León, Spain. 2006.
- Pilar Sancho, Iván Martínez-Ortiz, Baltasar Fernández-Manjón. “Semantic web technologies applied to e-learning personalization in <e-aula>”. Journal of Universal Computer Science, 11 (9), 1470-1481. 2005.
- Iván Martínez-Ortiz, Pablo Moreno-Ger, Pilar Sancho, Baltasar Fernández-Manjón: “Using DocBook to aid in the creation of learning content”. In Rettberg, A. y Bobda, C. (eds), New Trends and Technologies in Computer-Aided Learning for Computer-Aided Design, pages 11-24. (Springer). 2005.
- Javier López-Moratalla, Pablo Moreno-Ger, Pilar Sancho, Iván Martínez-Ortiz, Baltasar Fernández-Manjón: “Desarrollo de la adaptatividad en un sistema de e-learning basado en estándares”. Proceedings of the VII Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIE 2005), Leiria, Portugal. 2005.
- Baltasar Fernández-Manjón, Borja Manero, Pilar Sancho, José Luis Sierra. “Desarrollo de cursos y de un sistema de enseñanza de acuerdo a estándares de e-learning: El proyecto <e-Aula>”. In Proceedings of I Jornada Campus Virtual UCM . 2004.
- Pilar Sancho, Borja Manero, Baltasar Fernández-Manjón: “Learning objects definition and use in <e-aula>: Towards a personalized learning experience”. In Kloos C.D. and Pardo A. (Eds.), Edutech: Computer-Aided Design Meets Computer Aided Learning, pages 177-186. 2004.

- 
- Pilar Sancho, Borja Manero, Baltasar Fernández-Manjón: “<e-Aula>: A personalized e-learning system based on educational standards and markup languages”. Proceedings of the IASTED Internacional Conference on Web-Based Education (WBE 2004), Innsbruck, Austria. 538-543 . 2004.
  - Pilar Sancho, Baltasar Fernández-Manjón, Borja Manero: “Evaluation of learning objects and e-learning standards”. Proceedings of International Symposium on Innovation in Information & Communication Technology (ISIICT 2004), Amman, Jordania. 25-35. 2004.



## **Apéndice A.**

### **Applying multiplayer role based learning in engineering education: Three case studies to analyze the impact on students' performance**

Referencia completa: Pilar Sancho, Ruben Fuentes, Pedro Pablo Gomez-Martin, Baltasar Fernandez-Manjon. "Applying multiplayer role based learning in engineering education: Three case studies to analyze the impact on students' performance". International Journal in Engineering Education. En prensa.

#### **ABSTRACT**

In this paper we present some results obtained in an ongoing research project aimed at developing a collaborative 3D fantasy virtual learning scenario (which we have given the name Nucleo) for teaching subjects related to computer programming in engineering education and technical schools. Our system has three basic objectives. The first is to induce a change in the students' attitude towards study by placing them at the center of the learning experience. The second is to increase students' motivation by bringing multimedia formats, content interactivity and the aesthetics currently preferred by engineering students into the learning scenario, while at the same time, maintaining a clear focus on the curriculum's learning objectives. The third is to provide a learning environment that simulates the way people work in teams in a real-life professional context, focusing on developing basic teamwork abilities and important soft and social skills. The system is currently being tested as several engineering educational contexts to prove some basic hypothesis. Here we describe the main features of our system, the results obtained in three different cases of study and a discussion about what conclusions can be drawn from them.

#### **1. Introduction**

Computer programming disciplines are part of the curricula in several different Engineering Schools and also in many Spanish Technical Schools. However, we have detected deficiencies and problems with teaching these disciplines in the Computer Science School and in the Electrical Engineering School at the Complutense University of Madrid:

- In the last five years drop-out rates have increased and a more and more passive attitude on the part of students in the classroom has been observed. There is a recent research tendency that insinuates the negative influence of students' early exposure to multimedia and technological devices in this phenomenon

[18] 0 [33] [31]. According to this school of thought, traditional learning formats are no longer appealing to young people.

- Traditionally, very little attention has been paid to developing students' teamwork abilities, such as conflict management, handling of process coordination, communication among team members, task division and planning or leadership. Although the acquisition of these sorts of abilities is always desirable, they are of key importance in the domain of software engineering and information systems. The development of software is usually the result of the coordinated efforts of members of a team in which everyone plays a concrete role. Nevertheless, the computer programming curricula in our faculties is mainly focused on developing theoretical concepts and technical abilities.

The Nucleo system uses a problem based learning (PBL) framework that is staged inside a virtual world of games and role plays, conceived to be applied in a blended learning setting. PBL has proven its efficiency over the years in helping to develop not only students' technical abilities but also teamwork skills [14]. Nevertheless, it is not easy to implement effective PBL, especially in non face-to-face settings, one of the main obstacles to overcome being the capacity to create effective group dynamics among virtual team members. Research literature on virtual learning teams indicates that there are a number of characteristics for successful, dynamic and high performance virtual teams. These include genuine interdependence, rotating leadership, high levels of trust in other members of the team, social communication, ability to work on a common group goal, and tools to support project management [14]. According to these works, it also seems clear that the feelings of belonging to a community lead to greater commitment, greater cooperation, and greater satisfaction. Nucleo applies four combined strategies in order to increase the effectiveness of the collaborative learning experience:

- The learning takes place in the context of a multiplayer role game staged in a virtual fantasy world, with a twofold objective: first to enhance students' motivation, forcing them to abandon their passive listening role (games and virtual worlds are increasingly being used in education [9] to engage students in active learning processes); and second, to create a propitious atmosphere that may lead to the creation of social and affective bonds among players, which leads to the formation of a community of practice [6].
- Formation of heterogeneous teams, as an implicit assumption of collaborative learning is that students teach and learn from one another. The teams are formed around those students whose learning strategies are effective by using Vermunt's framework for learning styles [44].
- Assignment of functional roles. Roles appear to be most relevant when a group pursues a shared goal requiring a certain level of task division, coordination and integration of individual activities [42], particularly in software engineering projects. On the other hand, roles are used in professional life (in fact, in the software industry they are of crucial importance), so this is also a way of training our future engineers in what it will be their required professional skills.
- Dynamic reconfiguration of teams and rotation of roles. During the course students have the opportunity to belong to different teams and perform different roles in order to promote the acquisition of different abilities, and to confront

them with the paradox of having to collaborate sometimes and to compete other times with the same people.

The Nucleo system is used in a blended learning context for teaching computer programming disciplines and it is plugged to the pre-existing Learning Management System (LMS) in order to enhance both tools with complementary functionalities. The project is being developed following an iterative and incremental development process as a way of gradually verifying different sets of hypothesis. In Phase 1 several features concerning the instructional framework were tested and improved through the experimentation carried out in three different computing programming courses, two of which took place at the previously mentioned Engineering Schools at the Complutense University and one at a Technical School. This paper is mainly devoted to presenting the results obtained and analyzing the efficiency of the framework. This analysis considers how the framework influences the drop-out rate and motivation while maintaining the curriculum's learning objectives, whether it really produces a change in the students' attitude toward their own learning process, and whether the students' team work abilities are improved.

The rest of the paper is structured as follows. First, in section 2, some related work is reviewed. Section 3 presents a discussion over general issues concerning the approach taken. In Section 4 the Nucleo framework is described from three different points of view: conceptual, instructional and technological. Then the incremental project development plan is sketched along with the main hypothesis to be proved. In section 6, the three case studies and the experimental data obtained are described. Finally, some conclusions are presented, as well as the future work involved in the following project development phases.

## 2. Related work

The framework proposed combines several different existing approaches, specifically dPBL (distributed Problem Based Learning), CSCL (Computer Supported Collaborative Learning), and learning in virtual worlds or MUVES (Multi-User Virtual Environments). There are a number of different applications belonging to these approaches that share some features with the Nucleo system. In this section we present some of the similarities, although as far as we know, Nucleo is a unique combination of all these approaches.

PBL has been implemented several times in virtual settings for different domains, including for subjects related to software programming; just to mention a few that share some features with the Nucleo system: CROCODILE [26] is a multi-interface PBL system in which groups interact through shared virtual rooms. The interaction among the Nucleo community also takes place in a virtual world and the members of the same team interact within the limits of the virtual ship while the whole class interaction occurs on a virtual island (which may be comparable to CROCODILE virtual rooms, but addressing the two different levels of social interaction our system requires); STEP [41] is a dPBL environment that uses specialized tools to facilitate the execution of a set of individual and group tasks in which the resolution process of the proposed problems is divided. In Nucleo there are different tools assigned to different roles and the resolution of the problem is the underlying objective of different

activities; Alien Rescue [2], like Nucleo, stages a problem based learning strategy in a fantasy world within the context of a game.

Also, several CSCL applications have studied the impact of team composition on the efficiency of collaborative learning: I-Help [19] identifies the four standard patterns of behaviour in collaborative learning (tutor, student, expert and fellow learner) using taxonomies; GRACILE [5] contains students tasked with the execution of specific learning activities based on the intentions of the group and the its common knowledge; In the work of [27] the complementary knowledge of individuals is taken into account when forming groups; In [1] and [10] considerations about the students' learning styles are considered in group formation using Felder-Silverman's learning style model; Finally in work [37] a model based on student personality and intelligence is proposed to make up the groups. As is described in section 3.1, Nucleo uses Vermunt's framework both to form heterogeneous but complementary groups and to assign roles to individuals, by means of an adaptation process and a collaborative student model.

Recently, the interest of virtual immersive worlds or MUVes (Multi-User Virtual Learning Environments) to stage learning is rapidly increasing. A very similar pedagogical approach to the one taken in Nucleo is implemented in the Harvard University River City Project [35], a MUVE designed around topics that are central to biological and epidemiological subject matter. As visitors to River City, students travel back in time, bringing their 21st-century knowledge and technology to address 19th-century problems. River City is a town besieged with health problems, and students work together in small research teams to help the town understand why residents are becoming ill [12]. In the Massachusetts Technological Institute Revolution project, students experience history and the American Revolution by participating in a virtual community set in Williamsburg, VA on the eve of the American Revolution [34]. Other examples of the use of MUVE in education are: Atlantis Quest, a project developed by the University of Indiana for children between 9 and 12 [4], TappeIN [43] for teachers' online professional development, or AquaMoose 3D [3], one of the first applications of MUVes in education. There is now emerging a whole branch of applications based on the use of the Second Life environment [38] for educational purposes; over 400 universities and 4,500 educators participate in the Second Life Educators List (SLED) [39]. Another related project is Slooodle [40], which uses Moodle services and database through the 3D interface of Second Life. The Nucleo system is also an application that has an underlying LMS that provides tools, data and services.

### 3. Discussion of the approach

The work presented in this paper is a field study about the application of our Nucleo framework in programming courses. Nucleo is an innovative contribution to the field of virtual collaborative blended learning that can be applied in real and complex domains, with limited budgets, and while considering aspects such as the integration with pre-existing ICT infrastructure. This paper presents the results of three experiments conducted in three different real contexts, involving more than 250 students, who were tracked for a whole semester. Several assessment methods were applied in order to extract the conclusions presented, including two different ways of evaluating

the students' knowledge (exams and deliverables), periodical satisfaction questionnaires and teachers' informal perceptions. From this data, our group draws some conclusions about the influence of Nucleo in the students' motivation and their acquisition of technical and soft skills.

It can be argued that an accurate measurement supporting such conclusions would require wider experimentation. For instance, evaluating the efficacy of games in terms of acquiring knowledge is a task that will engage the whole educational community for many years (studies such as [20], or [21]). In fact, this is one of the most polemical and difficult to achieve issues in the game based learning domain (see for example [20] [15] [45]). Although it is certainly beyond the reach of our possibilities to offer a categorical response to some of these key issues, we would like to support, with some discussion, the scope of the study concerns, the relevance of the samples, and the validity of the evaluation methods performed.

At least in the Spanish higher education context, measurements of students' knowledge gain are done through the results obtained from exams. Even though the effectiveness of this method may be debatable, it can be considered the most common mechanism to assess knowledge, and thus we have adopted it to evaluate this gain. As section 6 shows, more students that followed our experimental framework passed the final exam, and they obtained better marks on average than their colleagues who followed the traditional method.

Another controversial issue about game based learning approaches is how to categorize them: is the game a carrier of the learning or is it a place where the learning takes place? According to several authors [13][11] the main difference between "edutainment" and game based learning is that, while edutainment games follow a format in which players either practice repetitive skills or rehearse memorized facts, educational video games "require strategizing, hypothesis testing, or problem-solving, usually with higher order thinking rather than rote memorization or simple comprehension. Characteristics of such games include a system of rewards and goals which motivate players, a narrative context which situates activity and establishes rules of engagement, learning content that is relevant to the narrative plot, and interactive cues that prompt learning and provide feedback." ([13] pp: 21). We certainly think that our approach presents all the characteristics necessary to be included in the second typology. Several features of the system presented in this paper support this claim:

1. The game is set around challenging problems that require developing higher order thinking skills rather than memorizing concepts.
2. The problems are conceived in such a way that require the development of a team strategy. For this strategy, the team members are provided with explicit guidelines that depend on the role they are assigned.
3. The whole framework is staged in an immersive atmosphere and follows a fantasy narrative that situates the learning activity, in order to promote the development of social bonds that may lead to an improvement of the collaboration process. Several recent research works have defended the effectiveness of this strategy. Moreover, the educational community is beginning to consider MUVE's potential to create immersion atmosphere as tools worth testing, to the



extent that the use of this sort of environments has multiplied in the last three years (see for example [15][16][21]).

4. The learning content is relevant to the narrative plot. The students are provided with hints and guidelines to obtain the content that is relevant for the development of the missions. Therefore, knowledge is acquired in situation and is applied in context.
5. The game includes a system of rewards and goals that motivate the players. In the Nucleo system, students' avatars get different distinctive physical features linked to their intellectual achievements in order to promote motivation by social recognition. The atmosphere of competition is enhanced by publishing individual and team rankings.
6. Interactive cues and feedback are constantly provided throughout the development of the missions. The tracking system that the interconnection between the game and the LMS supports, helps in providing students with constant feedback and clues to solve the game challenges.

## 4. The Nucleo project

### 4.1. Nucleo conceptual framework

PBL was proposed by Neufeld and Barrows [29] in the 1970s for university courses and since then, has gradually spread to many other knowledge domains [8]. According to Barrows [7], PBL can be explained as “the learning that results from the process of working towards the understanding or resolution of a problem.” This approach is usually case based, small group, self-directed learning, in which a group is given a specific problem to solve. Instead of an expert, the group has a tutorial leader or facilitator who shares information and guides the group through the learning process. In sum, PBL learning is a process of building on prior knowledge, problem solving, the use of critical thinking approaches and reflection [25]. This self-directed, collective approach is a very different way to teach compared to traditional lecture-based approaches.

Educational literature has shown the benefits of using PBL and other approaches that promote active collaborative learning to improve students' thinking skills [23]. It has been demonstrated that it leads to deeper levels of learning, critical thinking, shared understanding, and long-term retention of the learning material. Furthermore, collaborative learning also provides opportunities for developing social and communication skills, acquiring positive attitudes towards co-members and learning material, and building social relationships and group cohesion [22]. Despite all these advantages, it is not easy to implement a PBL approach effectively, especially in virtual learning environments or even in blended learning environments, where the richness of personal interaction among members is more limited than in a face to face setting. Two of the reasons are:

- It relies very heavily on group dynamics for its success. Group cooperation and cohesiveness have been identified as key factors [6].
- Social interaction appears to be the key to collaboration. Nevertheless, just placing students into groups and giving support to some kind of communication among them does not guarantee the emergence of the social interactions that lead to effective collaboration.

In Nucleo, as is done in most PBL environments, learning is structured around the resolution of "real world", complex and ill-structured problems, which have to be solved by collaboration among the members of small teams. The main differences between Nucleo and a classical PBL approach are the following:

The first important difference is that in Nucleo the "real world" is a fantasy world. Therefore the practical programming cases around which the learning is structured follow the narrative of the game's back-story. The game metaphor takes the student to Nucleo, an artificial universe in peril of extinction. The survival of this entire world lays on the students' shoulders. In order to confront the menace, they are trained in the weapons of knowledge. The training simulates a real attack from the enemy (in the form of a mission), which the aspirants must repel by clustering in small combat units (usually composed of 3 or 4 members). Students' avatars play the role of these champions and their type of participation, duties, and skills in the crew are conditioned by their role. The different crews compete to obtain the best solution. At the end of the training period, only the best will reach the grade of Paladins. We have found that presenting this scenario at the beginning of the course certainly intrigues the students, thus inducing a change in their attitude (they turn from passive listeners to active warriors within the game atmosphere). Also the structure of the game provides the motivation and the urge to solve the problems and the characterization makes the player's role in the narrative believable, therefore facilitating the learner's immersion [36]. The idea of embedding a PBL approach in a game to create a immersive fantasy atmosphere has also been used in several learning applications, such as Alien Rescue [2], River City [35] or Atlantis Quest [4].

The second important difference is that Nucleo seeks to increase the effectiveness of collaboration by improving group dynamics. The system includes an adaptation module in order to form heterogeneous teams and assign internal roles. Similar approaches have been taken in [1], [10] and [37] but using different conceptual models to group the students. In addition, in Nucleo, teams and roles are reassigned dynamically after every mission, in order to enrich the social interaction and give the student the opportunity to handle different responsibilities and duties, while they get different perspectives for solving the problem.

The rationale for organizing teams according to heterogeneity in ability is defended in several research works [30]. The classification of students in Nucleo is performed by means of Vermunt's Inventory of Learning Styles [44], a 100 question inventory which students must complete before starting the course. Vermunt's framework was specially conceived for university students and is really more of a classification of students according to the strategies they usually employ when learning, rather than a learning style classification as it is usually understood. Vermunt classifies students into four types depending on the attitudes they adopt in five different areas of learning. These four learning styles are: meaning-directed (MD), application-directed (AD), reproduction-directed (RD), and undirected (U). Those students

who are able to self-regulate their learning processes would benefit from a loose teacher strategy. This is usually highly correlated with MD and AD patterns. On the other hand, students without this ability would need stronger teacher control and guidance. This corresponds to the RD and the U patterns. Therefore, we try to group the more autonomous students together with those who require stronger leadership throughout the learning process, implicitly assuming that this way of grouping will be of advantage to every member of the team and that the students will learn from and teach one another.

We also have correlated Vermunt's resulting profiles with the three Nucleo roles and embedded them in the metaphor atmosphere (i.e. *Captain of the Crew*, *Knowledge Integrator* and *Chief/Head of communications*). The *Captain* is in charge of project planning and monitoring project progress, the *Knowledge Integrator* is in charge of supervising and making sure that all team members acquire the knowledge required, and the *Chief/Head of Communications* is in charge of managing the communication between team members and the tutors as well as managing conflicts among team members. The design of the specific responsibilities linked to these roles makes them interdependent as a means to encourage collaboration in pursuing a common objective, thus fostering group cohesion and responsibility. In this sense, roles appear to be most relevant when a group pursues a shared goal requiring a certain level of task division, coordination and integration of individual activities [42]. On the other hand, roles are used in professional life (in the software industry they are of key importance), so this is also a way of training our future engineers in what it will be their required professional skills.

#### 4.2. Nucleo's instructional approach

As has been said in the previous subsection, in Nucleo the learning process is structured according to the classical PBL schema. Knowledge is gained through collaboration procedures designed to solve ill-structured, open-ended problems. The difference is that problems in Nucleo are embedded in the game narrative (they are called missions) and solving them is part of the game.

Thus, within the game context, a mission (which is really a complex practical case immersed in the game narrative) is an event in the competition to become a Paladin. It simulates a real risk situation which Paladins must solve in the fight against the enemy, and teams compete among themselves to obtain the best solution.

The learning process follows a cyclical structure:

- A course is made up of several missions determined by the tutor. Each mission represents a learning objective included in the curriculum.
- Each mission is composed of several activities. Usually, the end of each activity is marked by the production of a certain result (usually in the form of a conceptual model or schema for the solution, a report, a document, etc.) which has to be delivered to the "Sages" for evaluation. The resulting products of one activity often work as the starting point for the next one to be performed.
- Before starting a new mission, the teams are reviewed and, if necessary, re-configured. The same process is applied to the roles the individuals hold within

the team. Re-configuration of the teams and re-assignment of the roles depend on the results obtained in the previous missions by means of an adaptation cycle and a user modelling process. Belonging to different teams and performing different roles enriches social interaction and gives the students the opportunity to see the solution from different perspectives.

- At the end of each mission, the solutions are evaluated. In the evaluation not only the technical quality of the solution is considered, but also how the members of a team have perceived the performance of each individual regarding the fulfilment of his/her duties within the team. In order to increase the competitive atmosphere, individual and group rankings are published at the end of every mission. Also, students' avatars are rewarded with physical distinctions linked to their intellectual achievements, as social recognition seems to be a very powerful motivation in multi player environments [6].

The Nucleo system is used in combination with on-site classes (blended learning approach) as a way to manage distant interaction and collaboration among team members. The process starts from the delivery of each new mission. The students receive a notification about the new mission, their new team and their new role. The environment provides for two virtual scenarios to address the two levels of social interaction; the interaction among the whole class (including the tutor) and intra-group interaction. They both provide social tools (forums, notice boards, chats, file sharing, blogs and wikis) in order to facilitate collaboration, and the different roles and teams have restricted access to areas and services. Figure 1 shows the ship where intra-group interaction takes place, and the whole island.



Figure 1. Ship and island of Nucleo.

### 4.3. Nucleo architecture

The Nucleo system is designed as the fusion of three main elements: a Learning Management System (LMS), a Multi-User Virtual Environment (MUVE) and an adaptation module (see Figure 2).

In the last few years, in spite of the high costs of deploying e-learning systems, LMSes have been widely adopted as virtual education tools at universities and training centres. This is probably due to the fact that LMSes offer a series of significant advantages when managing an ample training context: they are flexible enough to allow the implementation of different teaching strategies; they support a very rich level of interaction among tutors, students and student teams; they allow the reuse of learning resources in the shape of fragments (i.e., learning objects) or even complete

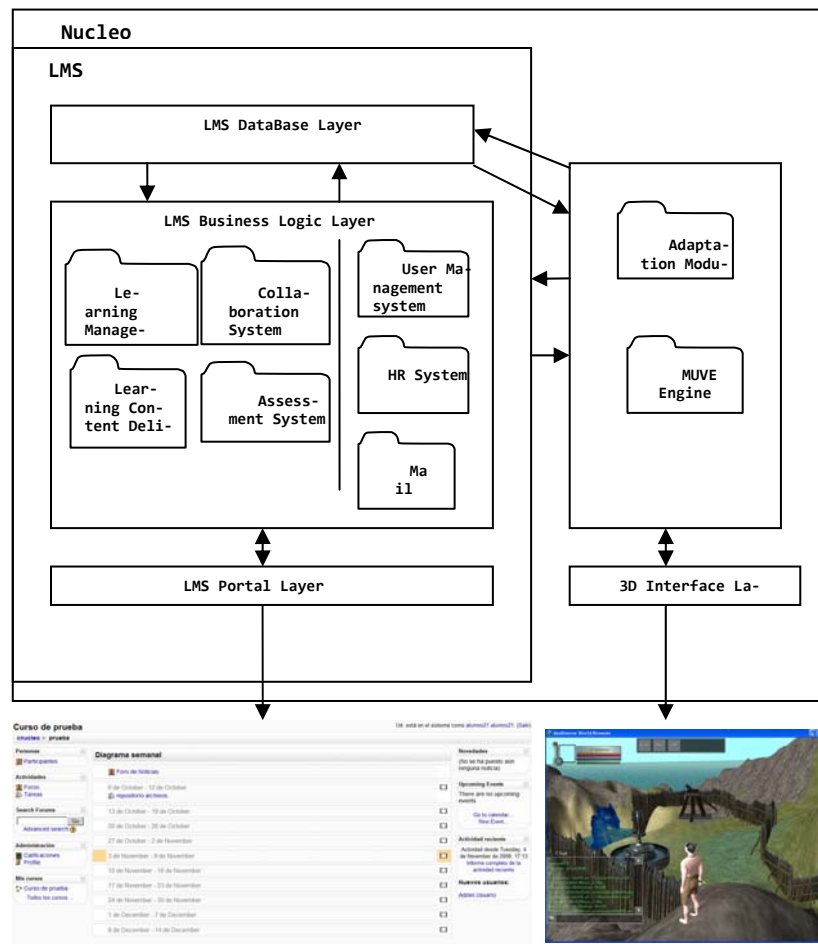


Figure 2. Reference architecture for the Nucleo system.

courses; they implement administrative tools able to communicate with other applica-

tions (i.e. ERP), and the path to interoperability is open. But even though most LMS platforms for higher education now offer multiple functionalities for implementing different educational approaches –like forums, chats, file sharing, etcetera–, it is quite frequent to use them exclusively as repositories of contents in which the subject matter is basically static (MSword files or PowerPoint slides) [24], their user interfaces are not very appealing and they offer very few opportunities for adaptation. On the other hand, it is also true that learning environments using MUVE technology, in which social interaction modes and contents are very rich, seem to be very restrictive as repositories of contents and almost completely inoperative when managing some typical processes in an integral management of learning, such as maintaining students' historical records or performing administrative tasks. The Nucleo system uses Moodle services, tools and contents, covered by a virtual reality “skin”, with direct access to its database. Figure 3 shows how the forum and learning activities stored and managed through Moodle are displayed and used through the virtual learning



**Figure 3. Moodle forum and event panel displayed in the Nucleo environment.**

space. This means that the data generated during the learning process is stored directly in the centralized system, and is also managed in a centralized way, with all its subsequent benefits. We are using the Multiverse platform [28] facilities to generate the MUVE.

The adaptation model in Nucleo aims at improving teams' efficiency, which would produce a comprehensive improvement in the learning process and a lighter teaching load for the tutor. With this objective in mind, we are using two combined strategies: the formation of heterogeneous teams and the assignment of functional roles. The groups and internal roles are determined by means of the student profile. In the construction of the student model the result of the Individual Learning Style (ILS) [44] is considered: a questionnaire filled out by the student at the beginning of the course, which is distributed and evaluated through the LMS, and is maintained through a user-modelling process that takes into account three different data inputs: the results obtained on the missions, the peer-evaluation the students get and how often the students make use of the system tools. The adaptation cycle follows the same cycle

the learning strategy does: in every mission, teams are reconfigured, and roles are re-assigned.

## 5. The project development plan

To increase the cost efficiency and optimize the educational value of our system, the development project follows an iterative incremental software process. We have designed four different phases in order to gradually prove different sets of hypotheses. Therefore, every new phase relies on the proven set of hypotheses from the previous one:

- Phase 0: Documentation and research in order to define the pedagogical strategy and the instructional design of the system. This was a purely documental phase with zero investment in software development. It was aimed at researching the different pedagogical and technological strategies for e-learning systems in order to determine the instructional design of our system as it is presented in sections 3.1 and 3.2. In this phase the basic pedagogical hypotheses were also outlined as well as the back-story and the game narrative.
- Phase 1: Proof of concept. This phase required minimal investment in software development as it made use of free collaborative software to support the learning environment (we used Google social tools). It was aimed at verifying the main hypothesis on which the system relies. The experimental results obtained in this phase are presented in section 5.
- Phase 2: Proof of the effectiveness of the virtual scenario. The main objective of this phase is to verify the impact of several aspects of the 3D virtual scenario and the avatars on students' motivation. In order to find a lower budget compatible with our defined objectives, we decided to use a free game engine with plenty of graphical resources (Multiverse [28]) and to use these resources in prototype construction.
- Phase 3. Development of the beta system. In this phase a complete system will be developed and distributed for beta testing in different learning contexts. Due to its great requisites in development effort and investment, we want to assure and refine certain key functionality features in the previous phases.
- Case studies

With the aim of obtaining information about the effectiveness of the instructional framework we designed an experiment that involves three different case studies concerning computer programming subjects in engineering education in three different educational contexts: two at the university level and one at professional training. The two at the university level used the programming language C++ and involved over 60 and 110 students respectively; the one at professional training used Java and had just 15 students. All of them took part in a four-month learning period, although the students in two of the experiences had a previous period of four months with a standard learning approach.

In this section we describe the three different case studies in the following terms. The first sub-section describes the common goals for all the cases. Afterwards, the

case studies themselves are described separately, together with the results obtained in each study.

### **5.1. Goals of the experiment**

The main goal of the experiment is to gather information about the effectiveness of the instructional framework developed in the following terms:

1. In order to evaluate the effect of the Nucleo approach on student's attitude towards study, we measure different issues related to student participation.
2. In order to evaluate Nucleo efficiency, we compare the marks obtained in the same exams by students who have participated in the experiment with the ones obtained by students who followed a classical instructional approach.
3. To measure the impact of the proposed learning framework on student motivation and drop-out rates, we compare the drop-out rates for the classical teaching approach with those for Nucleo.
4. In order to verify the accuracy of Vermunt's model for assigning the functional roles, we measure students' satisfaction with their peers, in terms of how their teammates perceive the fulfillment of their responsibilities. Team formation relies primarily on the assumption that there is a student with good learning practices who plays the role of the captain of the crew, and who is responsible for distributing and planning the teamwork. This figure is of key importance for the team's performance, so we measure whether Vermunt's ILS really identifies strong students accurately by verifying if MD and AD students get better marks than the other profiles.
5. We evaluate the perception that students have towards the effect of the framework on the development of soft and teamwork skills by means of a questionnaire the students are asked to fill out.

### **5.2. First case study: teaching programming fundamentals at the Electrical Engineering School**

The course "Programming Fundamentals" (PF) is offered in the first semester as an optional subject during the second cycle in the Electrical Engineering School at the Complutense University. It is aimed at teaching some computer programming basics (i.e. algorithms, program design, coding) to electrical engineers, using C++ as the programming language.

The traditional approach is structured in three hours per week of non-practical lecture sessions in a classroom where no computers are available for the students' use. Nevertheless, the students may optionally take another complementary subject called "Programming Laboratory" which consists exclusively of practical work with a computer on a two hour per week basis. At the beginning of the course, the lecturers highly recommend that the students take both courses in parallel in order to com-



plement the theoretical and the practical work. Although this is a non-compulsory recommendation, it is usually followed by around 60% of the students.

The evaluation of the students in the traditional approach compiles the results obtained from the final exam and class work. The class work takes into account the participation in common discussions and the marks obtained from solving several practical cases proposed throughout the course. These practical cases are usually solved individually. The exam makes up 60% of the final grade, while all the rest of the work makes up 40%.

Academic year	Students enrolled	Sitting the exam	Course passed	Average mark (over 10)
2005-06	115	43	30	5,1
2006-07	110	33	24	5,0

**Table I. Statistics about the last two years of PF courses.**

Tabla 7.1 shows the statistical results obtained the past two years in the PF course. In 2005-2006 only 26% of the students enrolled passed the course, and in 2006-2007 this rate decreased to 21%. The drop-out rates were also very high: 62% of the students abandoned in 2005-2006 and 70% did the same in 2006-2007. The teacher, the syllabus and the examination method were the same both years.

In 2007-2008, the Nucleo experiment was performed in the PF course with 60 students. The new learning scenario was presented at the beginning of the course. The students were initially puzzled and reluctant to participate even if enrollment was only for volunteer students. As a result of this, the class was divided into two groups: around 63% chose the traditional learning approach while 37% participated in the Nucleo experiment. The Nucleo students were told that the results of the work done in the experiment would mean a 40% share of their final mark, the same as the class work in the traditional group. This data is reflected in the first column of Tabla 7.2.

Group	Enrolled students	Sitting the exam	Drop-out over enrolled
Traditional	38	13	65,79%
Nucleo	22	20	9,09%

**Table II. Statistics of students getting to the final exam in the 2007-08 PF course.**

The Nucleo students had only a two hour on-site session every two weeks and they were excused from attending the theoretical lectures. These sessions were aimed at coordinating the different groups and having a shared discussion about the requisites of the missions proposed. Contact among the members of the teams mainly happened through a common virtual space provided with social software and collaborative tools (such as document share facilities, post, discussion forums and blogs). We used the free software facilities provided by Google groups for this purpose. All the Nucleo participants shared a common space that simulated the Nucleo Training Academy. All the public information was published in this space and each team had its own private group where the teacher, i.e. the Sage, was invited. The goal of these coordination spaces was to boost the feeling of community and therefore to enhance collaboration within the groups, between the groups and with the teacher.

The Nucleo teams were organized according to the rules expounded in section 3.2.2 and the team members were assigned a role with specific responsibilities (see section 3.2.3). All the teams had a leader (a member of the Evian tribe) with a high MD punctuation according to Vermunt's ILS.

The experimental course was made up of four missions. All the missions were highly demanding for novice programmers, considering that no theoretical lectures were given to group members. At the end of every mission, the groups were ranked according to the quality of the solutions delivered and so were the individuals in order to promote motivation through competition and social recognition. The individual rates were calculated by taking into account two inputs: the score obtained by the team and an individual score that every member obtained from their teammates' evaluation. In this peer-evaluation the responsibilities for the fulfillment of every role were assessed.

Tabla 7.2 and Tabla 7.3 reflect the comparative results obtained by students following both approaches.

Group	Pass exam	Average mark (over 10)	% pass over enrolled
Traditional	7	4,67	18,42%
Nucleo	13	5,73	59,09%

**Table III. Statistics of students passing the 2007-08 of PF course.**

As explained in sections 3.2.2 and 3.2.3, students were categorized into three different tribes (Evians, Ruks and Exters) depending on the results they obtained from the initial learning style questionnaire. Every member had to perform different duties inside the team depending on the tribe he was assigned to. At the end of each mission, students were asked to evaluate their teammates, taking into account several issues concerning the fulfillment of their assigned duties. 0 reflects the marks obtained in the final exam by the Nucleo participants according to the tribe they belonged to and the average punctuation obtained by each tribe according to the perception of their teammates.

	Evians	Ruks	Exters
Average exam mark	6,66	5,36	5,53
Peer-evaluation	9,375	7,954	8,24

**Table IV. Final exam marks (out of 10) and peer-evaluation results obtained by the different tribes (out of 10).**

### 5.3. Second case study: teaching C++ programming at the Computer Science Engineering Faculty

The annual course "Laboratory of Programming II" (LP2) is offered in the second year of the three-year Computer Science Engineering degree. The laboratory is held in conjunction with two more theoretically-oriented courses: "Object-Oriented Pro-

gramming” and “Data Structures”. Thus, one of its main goals is to provide students with the practical knowledge related to these courses. In addition, the course is also oriented to providing a way of improving students' capabilities in terms of carrying out a complete development project in small teams.

The traditional approach adopted in the LP2 course includes a 1-hour lecture session per week in the classroom and 2 hours per week of supervised work in the laboratory. The work in the laboratory consists of several practical programming cases that apply the theoretical lessons. It is estimated that in order to pass the course, students need at least five additional hours per week of work on their own.

The evaluation of students in the traditional approach includes a final exam and class exercises. Laboratory work is mandatory and makes up an additional 10% over their score in the final grade.

Over the last years, this course has suffered from worrying drop-out rates and very low marks. Tabla 7.5 summarizes some statistics about recent courses in LP2. The data cast average figures of 77,33% for the drop-out rate and 5,02 on a scale of 0-10 for the mark of the students that **attended** the exam. It needs to be remarked that group B is the one preferred by students who combine their studies with a part-time job and by those repeating the course. For this reason, its drop-out rate is usually higher (78,83%) and the marks lower than in the corresponding A group.

Academic year	Enrolled students	Sitting the exam	Passing the course	Average mark
2005-06 A	93	22	6	4,53
2005-06 B	57	13	8	5,02
2006-07 A	106	24	14	5,28
2006-07 B	65	14	7	4,90

**Table V. Statistics about traditional LP2 courses.**

Given these facts, the lecturers of the 2007-08 course decided to try the Nucleo approach in both groups, offering the students an optional participation in the experiment.

While in the traditional approach, students organized themselves into groups of two members where they chose their team partner and organized their own work, the Nucleo students were organized in groups of three students where roles and responsibilities were assigned by the lecturers.

As in the previous case studies, the Nucleo groups shared a central coordination space (i.e. a Google group) with the lecturer, as well as another space dedicated to their internal coordination (where the Sages were also included as guest members). No group spaces were provided for traditional students (only the usual support of the Learning Management System provided by the University for all students and subjects).

Five practical assignments were proposed to the students during the course (both to the traditional and to the Nucleo students). At the end of each of them, the students had to deliver the software code and its related documentation in order to get an evaluation from the lecturers. For the traditional students the mark obtained by the group was the same mark assigned to the individuals. The Nucleo individual mark was scaled by a factor that took into account the way their teammates evaluated the fulfillment of their duties in the team as performed in the previous case study. The rankings obtained by the teams and the individuals were published in the common space.

With this setup, Tabla 7.7 summarizes the results of the experiment at the end of the course. This table makes a distinction regarding the real number of students that initially attended classes versus the number of students that were officially enrolled in the course (see Tabla 7.6). It has been observed that some students enroll in the course but never attend classes at all. This can be due to several reasons: they enroll to complete bureaucratic requirements, find a job, or prefer to go directly to the final exam in September. These figures correspond to the “Initial drop-out”. The “Traditional students” and “Nucleo students” consider only those students that actually enroll in practice groups.

Group	Enrolled students	Traditional students	Nucleo students	Initial drop-out
A	101	42	27	31,68%
B	74	26	17	41,89%

**Table VI. Statistics about enrollment in the 2007-08 course of LP2. Students attending the course are in the columns “Traditional students” and “Nucleo students”.**

Group	Drop-out over enrolled	Drop-out over attending	Sitting the exam	Passing the exam	Average mark	% pass over attending
A traditional	77,03%	59,53%	17	13	5,26	30,95%
A Nucleo	14,81%	14,81%	23	16	5,46	59,26%
B traditional	92,73%	85,00%	4	4	6,13	15,38%
B Nucleo	10,52%	0,00%	17	17	4,96	52,94%

**Table VII. Statistics of students passing the 2007-08 course of LP2.**

	Evians	Ruks	Exters
average exam mark A	5,87	4,9	5,7
average exam mark B	5,3	4,3	5,5
peer-evaluation A	6,9	7,4	7,1
peer-evaluation B	9,5	8,2	7,68

**Table VIII. Final exam marks (over 10) and peer-evaluation results obtained by the different tribes (out of 10).**

Table VIII reflects the average figures obtained by the three different tribes, both in the final exam and in peer-evaluation.

To finish, we would like to make some remarks concerning this case study. The first one is that we found a strong resistance from the students to change to the new method because they perceived that Nucleo would mean more personal effort and would make the subject more difficult to pass. Our first intention was to apply the Nucleo method without offering the possibility of following the traditional approach. Nevertheless, we abandoned this idea after receiving plenty of angry complaints, because we found that true commitment was significant for the success of the experiment. The second issue worth mentioning is the motivation coming from social recognition. Although in the traditional approach the best practices got extra points, students were usually not motivated to work for them. On the contrary, the Nucleo students competed among themselves just to be the best in the course, which seemed to have a fairly positive influence on their motivation.

#### **5.4. Third case study: teaching Java programming at a Technical School**

The third case study was carried out at an official Spanish Technical School, during the second year of Network and System Administration. During this second year the students, who had already acquired some programming fundamentals in C during their first year, learn Java language for system programming and study *low level* aspects such as threads, monitors (semaphores) and sockets.

Technical School (TS) education in Spain has a different objective from university studies and students choosing this course of study show remarkable differences from those attending university as well. TS is conceived as more practical training, and the number of students per class is significantly lower than at the University. The average student is not usually conscious of the importance of active working. In fact, the students who typically enroll in TS have less initiative and a no-effort mentality. They assume that instructors should teach them everything without having to put in much of an effort themselves, and they usually feel frustrated if this does not happen. This means that students demand a lot of help from the teacher while they are solving their class assignments, and a lot of time is wasted while they are waiting for attention.

Students in TS have more supervised classes per week than at the University. Specifically, the subject where the experiment was carried out consists of 8 hours per week and students usually do not work too much at home. Therefore, only 2 or 3 of those hours are used for theoretical lectures. The rest of the time is used by students to solve the proposed tasks and exercises in class. Student interest, assignment solutions and work attitude make up 30 or 40% of the final mark, which it is obtained by means of sitting a written exam.

Since practical aspects of the subjects are so important in TS, and require so many class hours, student motivation is crucial. It should be noted that the students have access to their computers throughout the class, so during the theoretical sessions, the teachers must fight against more attractive distractions such as web browsing or videogames. Only when they have a clear interest in the subject will they be able to resist these *temptations*; otherwise the teacher's efforts are useless and the student will pay no attention to the explanations.

The third case study was carried out in this context, with only 15 students. During the first 4 months, a traditional class approach was used. Two or three hours were used for theoretical aspects of programming, and a set of exercises were proposed to be solved in class. Although no restrictions about cooperation or external help were imposed, students tended to get lost rather quickly and more often than not they just waited to copy down the teacher's solution, playing an absolutely passive role in their own education. Only two students (13%) demonstrated enough interest to work out the assignments. The others argued that they were too difficult and did not even try to solve them. It is important to notice that a great deal of effort was made to make exercises motivating by including simple games to interest them, such as tic-tac-toe, four in a line, Tetris and Sudoku. At the end of this 4-month period, six students did not attend classes regularly (40%), and sometimes only five students (33%) went to class. Finally, only four students passed the exam after this period, although the exam exercises were very similar to the assignments proposed and solved in class.

The next four months only the Nucleo approach was used, giving the students no other alternative method. All students were categorised, and four teams were created, one with three members, and the others with four. The decision for this irregular distribution was the previous knowledge of attendance: to avoid faulty groups formed by absent students, those who did not usually go to class were assigned to the groups of 4 members. As in the previous case studies, the social software offered by Google was used as a way to promote cooperation and facilitate communication. Nevertheless, being a full-time classroom course, these tools were used as a document repository (including the log files required) instead of a way of keeping the students in contact.

The classroom dynamics experienced an incredibly positive change once the Nucleo approach started. The previous passive attitude became active participation in every mission. *All* teams delivered the exercises on time. It is worth pointing out that, during the first four months, the students usually complained that exercises were too complex to be solved all alone. However, in the PBL setting proposed with Nucleo, *no theoretical classes* were given and, even so, the students searched for information and reached successful solutions for missions that were quite complex. This shows that the students were *more involved* in their own learning and Nucleo had a positive effect on their participation.

Regarding class attendance, the week after Nucleo started, *every* student attended class, which was something that had never happened in the previous semester. Although later on some of the students started to miss class again, statistically the high rates that were common during the first four months were never reached again (we averaged 12 students per session during the second semester). This fact may be explained due to the *social pressure* of belonging to a *team that needs you*. In fact, a student who finally decided not to take the examination, continued going to class to take advantage for the next year. Given these facts, it seems clear that the Nucleo set improved the students' involvement, attitude and motivation.

Unfortunately, motivation and participation do not always mean better scores. Only five students (one more than in the first four month period) passed the first exam, although in the second exam the number increased to nine. Once again, the difficulty of the two exams was quite similar to the missions proposed.

Concerning the accuracy of Vermunt's classification, this case study is quite different from the previous ones because the number of students was small, and we already had had contact with all of them for four months, eight hours per week. Vermunt's test is supposed to be useful as a way to pseudo-automatically identify functional roles, but this is not needed when you already know the people to be classified. Despite this, we also used Vermunt's classification in this case study in order to confirm our preconceived ideas, showing that in this case it was quite accurate (the MD students were in fact the strongest students with a correlation of 80%).

## 6. Discussion and future work

The first two case studies were conducted in similar conditions and contexts. The target groups were university-level engineering students, the courses had had similar drop-out rates and low marks over the last two years, and the experiment was conducted in a similar way, with some of the students following a traditional teaching approach and some voluntarily participating in the Nucleo approach.

The conclusions that can be drawn from the experiment are also similar. The statistical data shows with a significant difference level of .95, that the drop-out levels are highly reduced among the participants in both experiments while the rate of students passing the exam rises. In the first case, 65,8% drop-outs in the traditional approach versus 9,1% obtained in the Nucleo approach, and 72,3% versus 7,04% for the second case (the average rate of the two groups A and B analyzed). Also, in the first case, 59,1% of the students who followed the Nucleo approach passed the exam while only 18,4% of the traditional set did. Similarly in the second case these rates are 56,1% vs 23,2%. In terms of the average marks obtained by the students who followed the two different approaches, the statistical data does not show a clear difference. Although the marks obtained in the Nucleo set were slightly higher in both case studies, there is no significant statistical difference because dispersion levels are also very high. No clear conclusions can be drawn either, in terms of the accuracy of Vermunt's classification. Although in the first case study the Evian tribe (MD and AD students) obtained better marks and better peer punctuation, the difference was not significant. In the second case study, the data is even more confusing as none of

the tribes obtain clearly higher values than the others. Nevertheless, the students appear to be happy with the roles assigned and the clear distribution of responsibilities, and found it was positive for completing the work.

The third case study presented was conducted in a very different context, with pretty different targeted students. Although the experiment was less statistically rigorous, it can be considered more "personal". The group was less numerous (only 15 students participated) but the teacher had considerable personal contact with them. In this third case the participation in the Nucleo set was compulsory during the second semester while everybody followed the traditional teaching approach during the first semester. In this case, the teacher's perception matches up with the data of the two previous ones: the drop-out rates (measured in terms of class attendance) were significantly reduced and students' interest increased (less time wasted on videogaming and browsing, and everybody turning in assignments on time). Nevertheless, only a slight difference in the rate of students passing the exam was observed (26,7% vs 33,3%). The teacher also observed that Vermunt's classification was quite accurate regarding his previous conception of the students' attitude (he had dealt with the 15 students during a whole semester on an 8-hour per week basis).

Concerning the evaluation of the improvement in the acquisition of soft and teamwork skills, according to the registered data, virtual collaborative learning tools are used three times more frequently, if we compare the game setting to the use of the previous LMS setting without any sort of gaming strategy behind it. Of course, this only means that students interacted more (which is a way of developing social bonds and practicing communication skills) but does not necessarily imply the development of soft skills. Nevertheless in all three cases a final questionnaire was filled in by the Nucleo students at the end of the experiment. This questionnaire sought to gauge how the experience was perceived by the students compared with a traditional learning scenario. 95% of the students found the experience "very positive", remarking that it helped them to acquire a more active attitude towards their study and that it had helped them to practice teamwork abilities and communication skills. In addition, most of them found this was a more motivating way of learning and, even though it had involved a considerably higher amount of effort than a traditional approach, they would repeat the experience.

Finally, there are also some drawbacks in applying this method that are worth being mentioned. In the first case study we observed that many of the students focused mainly on learning the concepts that they were interested in, so their final acquisition of knowledge was quite irregular. They were experts at managing some advanced programming features, while they had not acquired some of the basic concepts. We tried to correct this problem in the next two experiments (cases 2 and 3) by giving basic theoretical lectures once the mission was solved, thus obtaining better results.

Although cases 1 and 2 have shown the positive influence of the method on drop-out rates and on the number of students passing the final exam, it can be argued that there are many factors that may have influenced it besides the pedagogical approach. A key fact can be that the experiment was conducted with volunteer students, and thus it may have attracted the more motivated students. Also, the teacher's attitude might have been different and more enthusiastic with the new experiment setting than with the traditional scenario. Nevertheless, we can now provide new evidence from recent experiments that would contradict these hypotheses. Concerning the in-



fluence of the experiment attracting the already more motivated students, this year we are performing a new experiment for the subject “Fundamentals of Programming”. First of all, although the general tendency in the last five years has been a gradual decrease in the enrolment (and neither the teacher nor the course curriculum has changed during this period), this year (2008-09) enrolment has increased by 35%. Also, the Nucleo methodology has become compulsory and thus followed by *all* the students in the class. So far and with more than 75% of the course completed, only 9% of the students have withdrawn, while the average rates in previous years for the same period reached an average of 45%. Concerning the issue that the teacher's attitude may have been different in the two learning settings presented (traditional and Nucleo), it is more difficult to offer any objective measurements. Even so, the same teacher has been in charge of the FP course during the last six years and she has permanently been worried and concerned about improving high drop-out rates. Some other motivation techniques such as more practical works or plain PBL were applied in previous years without any significant results. In the last two years, she has only been involved in the Nucleo experiment. Over these six years, she has also participated in several official Spanish Innovative Programs for teaching and learning, and she has always obtained excellent results in the students' annual evaluation.

It is very difficult to evaluate the pedagogical effectiveness of videogames and immersive worlds, even more if complex topics with real students in a pre-existing setting are considered (as happens in the Nucleo context) Nevertheless, as previously mentioned, this is a generally open issue for this type of systems (as confirmed by the extensive study on the research literature on the subject that can be found in [20]).

In addition to the previous argument, the third experiment showed a similar tendency, even though in this case, participation in the experiment was compulsory. Finally, we have also observed that the internal organization of groups into students who are not close mates makes for a neat division of responsibilities but also leads to a certain lack of communication. Some students focus only on their assigned issues and largely ignore what their mates have done. This also shows that in some cases the student with the role of knowledge integrator did not really fulfill the duties of the role.

To sum up, all three case studies where the Nucleo approach was applied show very promising results in terms of the objectives pursued, particularly in increasing the students' motivation, shifting their attitude towards a more active role and improving communication skills and teamwork capabilities. Nevertheless, the experiments also drew the conclusion that several issues should be improved and reviewed. Firstly, Vermunt's learning style classification framework for assigning functional roles in a team does not show enough reliability. Therefore in the next phase, we are considering including individual personality traits as proposed in [37] to improve the accuracy of the model. In addition, the students pointed out that they would rather choose the physical appearance of their avatars instead of being assigned to a fixed tribe. In the current experiments the tribe and the physical configuration were linked to the functional roles assigned by means of Vermunt's categorization. For the next implementation, this will also be taken into account since students will be able to select their own avatars even though their responsibilities will still be assigned by the system. This is expected to improve the students' immersion in the metaphor. Finally, concerning the functional roles, we will try to fix the weaknesses in the KI role

through the inclusion of certain activities designed to monitor the fulfillment of this role's responsibilities.

In the next semester the 3D world will be introduced to frame the instructional design and new experiments will be conducted in the same contexts, with the improvements that we have detected in Phase 1. Also, our intention is to determine whether it is worth it to fully develop a 3D scenario that contributes to the learning immersion, thus improving the motivation for social recognition through the avatar's physical change.

Summarizing, even though we are aware of the limited scope of our experiment (it cannot be compared in budget or in the number of people that may constitute the target audience, with the Virtual Leader project 0, for example) we are convinced, based on the arguments provided, that it has brought a small light to a very difficult problem we have been facing in our software engineering schools for the last years. After testing our framework in three different real context situations, we have obtained promising results that induce us to think that this method may bring an overall benefit for our students' education, which has led us to keep on researching and enhancing our system. Like Galileo, we say, "Eppur si muove", and yet it moves...

## 7. Acknowledgments

We must thank our collaborators Albert Meco and Daniel Leiva from Totemcat, and especially to Abraham López Guerrero for his support and imagination. The Spanish Committee of Science and Technology (projects TSI-020301-2008-19 and TIN2007-68125-C02-01) has partially supported this work, as well as the Complutense University of Madrid (research group 921340) and by the EU Alfa project CID (II-0511-A).

## 8. References

- [1] E. Alfonseca, R. M. Carro, E. Martín, A. Ortigosa, and P. Paredes, The impact of learning styles on student grouping for collaborative learning: a case study. *J. User Modeling and User-Adapted Interaction* 16(3-4), 377-401 (2006).
- [2] Alien Rescue: A Problem Based Learning Environment for Middle School Science. Computer Software, Version 2.0 (2002).
- [3] AquaMoose 3D, Georgia Institute of Technology <http://www.cc.gatech.edu/elc/aquamoose> (last access: 15/01/2009).
- [4] Atlantis Quest, Indiana University. <http://atlantis.crlt.indiana.edu> (last access: 15/01/2009).
- [5] G. Ayala, and Y. Yano, Collaborative learning environment based on intelligent agents. *J. Expert Systems with Applications* 14(1), 129-137 (1998).
- [6] J. Baron, Glory and shame: powerful psychology in multiplayer games. *Proceedings of the Game Developers Conference (GDC99)*, San Francisco, CA. Gamasutra (1999). [http://www.gamasutra.com/features/19991110/Baron\\_01.htm](http://www.gamasutra.com/features/19991110/Baron_01.htm) (last access: 10/05/2008).

- 
- [7] H. S. Barrows and R. M. Tamblyn, Problem-based learning: an approach to medical education. Springer Series on Medical Education, Springer Publishing Company (1980).
  - [8] H. Barrows, Problem based learning in medicine and beyond: a brief overview. *J. New Directions for Teaching and Learning* 68, 3-12 (1996).
  - [9] K. Corti, Games-based learning; a serious business application. PIXELearning Limited (2006). <http://www.pixelearning.com/docs/seriousgamesbusinessapplications.pdf> (last access: 15/01/2009).
  - [10] K. Deibel, Team formation methods for increasing interaction during in-class group work. Annual Joint Conference Integrating Technology into Computer Science Education, Proceedings of the 10th Annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2005), 291-295, Mote de Caparica, Portugal, ACM Press (2005).
  - [11] G. Denis and P. Jouvelot, Motivation-driven educational game design: applying best practices to music education. Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE05), 462-465, Valencia, Spain, Curran Associates Inc. (2005).
  - [12] E. Dieterle and J. Clarke, Multi-user virtual environments for teaching and learning. In M. Pagani (Ed.), *Encyclopedia of multimedia technology and networking* (2nd ed.), pp. 1033-1041, Idea Group, Inc., Hershey (2005).
  - [13] M. J. Dondlinger, Educational Video Game Desing: A review of the Literature. *J. Applied Educational Technology* 4(1), 21-31 (2007).
  - [14] B. J. Duch, S. E. Groh, and D. E. Allen, Why problem based learning? A case study of institutional change in undergraduate education. In B. J. Duch, S. E. Groh, and D. E. Allen (Eds.), *The power of problem based learning*, pp. 3-11, Stylus Publishing (2001).
  - [15] S. Freitas, Learning in Immersive Worlds: A Review of Game Based Learning. Technical Report prepared for JISC e-learning programme (2006).
  - [16] S. Freitas, Serious Virtual Worlds: A Scoping Study. Technical report prepared for JISC e-learning programme (2008).
  - [17] D. R. Garrison, Quality and theory in distance education: theoretical considerations. In D. Keegan (Ed.), *Theoretical principles of distance education*, pp. 9-21, Routledge (1993).
  - [18] J. P. Gee, What video games have to teach us about learning and literacy. Palgrave Macmillan (2003).
  - [19] C. Hansen and G. McCalla, Active open learner modelling. Proceedings of the Workshop on Learner Modelling for Reflection in AIED2003, Sydney, Australia (2003).
  - [20] R. T. Hays, The effectiveness of Instructional Games: A Literature Review and Discussion. Technical Report A539144, Naval Air Warfare Center Training Systems Division (2005).
  - [21] The Horizon Report, 2007 Edition. The New media consortium and the EDUCAUSE Learning Initiative (2007).
  - [22] D. W. Johnson and R. T. Johnson, Learning together and alone: cooperative, competitive and individualistic learning, 5th ed. Allyn & Bacon (1994)
  - [23] K. Kreijns, P. A. Kirschner, and W. Jochems, Identifying the pitfalls for social interaction in computer-supported collaborative learning environments: a review of the research. *J. Computers in Human Behavior* 19, 335-353 (2003).

- 
- [24] D. Livingstone and J. Kemp, Massively multi-learner: recent advances in 3D social environments. *Computing and Information Systems Journal* 10(2), (2006).
- [25] G. Maudsley, Do we all mean the same thing by "problem -based learning"? A review of the concepts and a formulation of the ground rules. *J. Academic Medicine* 74(2), 178-185 (1999).
- [26] Y. Miao, S. J. Holst, J. M. Haake, and R. Steinmetz, PBL-Protocols: Guiding and controlling problem based learning processes in virtual learning environments. In *Proceedings of the 4th International Conference on the Learning Sciences (ICLS 2000)*, 232-237, Ann Arbor, MI, USA, Erlbaum (2000).
- [27] M. Muehlenbrock, Learning group formation based on learning profile and context. *International Journal on e-learning* 5(1), 19-24 (2006).
- [28] Multiverse, The Multiverse Network Inc. <http://www.multiverse.net/index.html> (last access: 15/01/2009).
- [29] V. R. Neufeld and H. S. Barrows, The "The McMaster Philosophy": An Approach to Medical Education. *Journal of Medical Education* 49(11), 1040-1050 (1974).
- [30] B. Oakley, R. M. Felder, R. Brent, and I. Elhajj, Turning student groups into effective teams. *Journal of Student Centered Learning* 2(1), 9-34 (2004).
- [31] D. Oblinger and J. Oblinger, Is it age or IT: first steps towards understanding the net generation. In D. Oblinger and J. Oblinger, (Eds.), *Educating the Net Generation surveys*, Educause Publication (2005).
- [32] S. Papert, *The children's machine: rethinking school in the age of the computer*. Basic Books (1993).
- [33] M. Prensky, Digital natives digital immigrants. *On the Horizon* 9(5), 2001.
- [34] Revolution. Project, Massachussetts Technological Institute, <http://educationarcade.org/node/357> (last access: 15/01/2009).
- [35] River City Project Harvard University: <http://muve.gse.harvard.edu/rivercityproject> (last access: 15/01/2009).
- [36] K. Royle, Games-Based learning a different perspective. *Innovate, Journal of Online Education* 4(4), 2008
- [37] V. Sánchez-Hórreo and R. M. Carro, Studying the impact of personality and group formation on learner performance. *Proceedings of the 13th International Workshop on Groupware: Design, Implementation and Use (CRIWG 2007)*, *Lecture Notes in Computer Science* 4715, 287-294 (2007).
- [38] Second Life, Linden Research Inc. <http://secondlife.com/> (last access: 15/01/2009)
- [39] SLED, Second Life Educators: <https://lists.secondlife.com/cgi-bin/mailman/listinfo/educators> (last access: 15/01/2009).
- [40] Sloodle, Sloodle Project Team, <http://www.sloodle.org> (last access: 15/01/2009).
- [41] C. A. Steinkuehler, S. J. Derry, D. K. Woods, and C. E. Hmelo-Silver, The STEP environment for distributed problem-based learning on the world wide web. *Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning (CSCL '02)*, 217-226, Boulder, CO, USA, Erlbaum (2002).
- [42] J. W. Strijbos, The effect of roles on computer-supported collaborative learning. Unpublished doctoral dissertation. Heerlen, The Netherlands: Open University of the Netherlands (2004). Available online: <http://www.ou.nl/Docs/Expertise/OTEC/Publicaties/jan->

- [willem%20strijbos/Dissertation Strijbos Online rev 1-11-04.pdf](#) (last access: 15/01/2009).
- [43] Tapped In, SRI, <http://tappedin.org> (last access: 15/01/2009).
- [44] J. D. Vermunt, Inventory of Learning Styles (ILS) in higher education. University of Tilburg, Tilburg, Germany (1994).
- [45] Virtual Leader Project: [http://www.simulearn.net/pdf/practiceware\\_works.pdf](http://www.simulearn.net/pdf/practiceware_works.pdf) (last access: 15/01/2009)

### Caption for figures and tables

Figure 1. Ship and island of Nucleo.

Figure 2. Reference architecture for the Nucleo system.

Figure 3. Moodle forum and event panel displayed in the Nucleo environment.

Table I. Statistics about the last two years of PF courses.

Table II. Statistics of students getting to the final exam in the 2007-08 PF course.

Table III. Statistics of students passing the 2007-08 of PF course.

Table IV. Final exam marks (out of 10) and peer-evaluation results obtained by the different tribes (out of 10).

Table V. Statistics about traditional LP2 courses.

Table VI. Statistics about enrollment in the 2007-08 course of LP2. Students attending the course are in the columns “Traditional students” and “Nucleo students”.

Table VII. Statistics of students passing the 2007-08 course of LP2.

Table VIII. Final exam marks (over 10) and peer-evaluation results obtained by the different tribes (out of 10).

### Biographies

**Pilar Sancho Thomas** received the MS in physics science from the Universidad Complutense of Madrid (UCM), Spain in 1996. She worked as an RD consultant for

four years. Since 1999, she is a lecturer at the Department of Software Engineering and Artificial Intelligence at UCM and a member of the <e-UCM> research group.

**Rubén Fuentes-Fernández** received the MSc and PhD in computer science from the UCM in 1997 and 2004 respectively. He worked as consultant and project leader in database systems for four years. He is currently a PhD Professor in the Department of Software Engineering and Artificial Intelligence at UCM. His research interests are in the application of social sciences to the development of software systems.

**Pedro Pablo Gómez-Martín** received the MS and PhD in Computer Science in 2000 and 2008 from UCM respectively. He has taught in the Master of Videogame Programming at UCM since its first edition in 2004. His research involves the Artificial Intelligence and Software Engineering aspects of the development of educational video games, searching new ways to improve the way this software guide the student learning while keeping the development costs under control.

**Baltasar Fernández-Manjón** received the MS in physics science in 1989 and PhD in Computer Science in 1996 from the UCM respectively. He is an associate professor at the Department of Software Engineering and Artificial Intelligence at UCM. He is also Vice-Dean for Research and External Relations at the Computer Science Studies at UCM and the director of the <e-UCM> research group ([www.e-ucm.es](http://www.e-ucm.es)).



## Referencias

- [ADL SCORM, 2008] Advanced Distributed Learning “Sharable Content Object Reference Model”. Recurso web (21/05/2008): <http://www.adlnet.gov/scorm/>.
- [Albrecht, 2000] Albrecht F., Koch N., Tiller T. “SmexWeb: An adaptive web-based hypermedia teaching system”. En Kommers P. & Mizoguchi R. (Eds.). Special Issue on Intelligent Systems/Tools in Training and Lifelong Learning (pp: 367-388). Journal of Interactive Learning Research, 2000.
- [Aldrich, 2004] Aldrich, C. “Simulations and the future of learning: An innovative (and perhaps revolutionary) approach to e-learning” San Francisco: Pfeiffer (2004).
- [Aldrich, 2005] Aldrich, C. “Learning by doing: A comprehensive guide to simulations, computer games, and pedagogy in e-learning and other educational experiences”. In Pfeiffer, Wiley Imprint (2005).
- [Alfonseca, 2006] Alfonseca, E., Carro, R. M., Martín, E., Ortigosa, A., Paredes, P. “The impact of learning styles on student grouping for collaborative learning: a case study”. User Model and User Adaptive Interaction, v16, pp: 477-401, 2006.
- [Andrade, 2001] de Andrade, A.F., Jaques, P.A., Vicari, R.M., Bordini, R.H., Jung, J.L.. “A computational model of distance learning based on Vygotsky's socio-cultural approach”. In Proceedings X International Conference on Artificial Intelligence on Education (MABLE Workshop). San Antonio, Texas, 19-23 Mayo, 2001.
- [Antonacci, 2005] Antonacci, D., Modaress, N. “Second Life: The educational possibilities of massively multiplayer virtual worlds (MMVW)”. EDUCAUSE Western Regional Conference. San Francisco, California, USA, 26 Abril, 2005.
- [ARIES, 2008] Laboratory for Advanced Research in Intelligent Educational Systems. Recurso web (1/12/2008): <http://ai.usask.ca/>
- [Arroyo, 2005] Arroyo, I., Woolf, B. “Inferring learning and attitudes from a Bayesian network of log file data”. In Proceedings of 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 05). Amsterdam, Holanda, 18-22 Julio, 2005.
- [Atkins, 1999] Atkins, D., Ball, T., Bruns, G., Cox, K. “Mawl: A domain-specific language for form-based services”. IEEE Transactions on Software Engineering, v25, i(3), pp: 334-346, 1999.
- [Avgeriou, 2003] Avgeriou, P., Retalis, S., Skordalakis, M. “An architecture for open learning management systems”. En Y. Manolopoulos et al. (Eds.). PCI 2001, LNCS 2563 (pp: 183-200) (2003).
- [Ayala, 1998] Ayala, G., Yano, Y. “Collaborative learning environment based on intelligent agents”. Elsevier, Expert Systems with Applications, v14, pp: 129, 1998.



- [Azevedo-Tedesco, 2003] Azevedo Tedesco, P.A. "MarCo: Building an artificial conflict mediator to support group planning interactions". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, IOS Press, v13, pp: 117-155, 2003.
- [Barab, 2001] Barab, S. A., MaKinster, J. G., Moore, J. A., Cunningham, D. J., the ILF Design Team, "Designing and Building an On-line Community: The Struggle to Support Sociability in the Inquiry Learning Forum," *Educational Technology Research and Development*, v49, n4, pp: 71-96, 2001.
- [Barab, 2006] Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R., Tuzun, H. "Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns". *Educational Technology Research and Development*, v53, i(1), pp: 86-107, 2006.
- [Baron, 1999]. Baron, J. "Glory and shame: Powerful psychology in multiplayer games". In *Proceedings of the Game Developers Conference*. Gamasutra. 7 de Diciembre 2006. San Francisco, CA, USA. Disponible on-line (30/11/2008): [http://www.gamasutra.com/features/19991110/Baron\\_01.htm](http://www.gamasutra.com/features/19991110/Baron_01.htm).
- [Barrows, 1980] Barrows, H. S., Tamblyn, R. N. "Problem based learning: An approach to medical education". New York: Springer (1980).
- [Barrows, 1996] Barrows, H. "Problem based learning in medicine and beyond: A brief overview". En Wilkerson L., Gijsselaers, W. H. (Eds). *Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice* (pp: 3-12). San Francisco: Jossey-Bass Publishers (1996).
- [Bartle, 1999] Bartle, R. "Early MUD history". *Recurso web* (22/10/2008): <http://www.mud.co.uk/richard/mudhist.htm>
- [Bartolomé, 1998] Bartolomé, A. "Sistemas multimedia en Educación". En Pablos, J. y Jiménez, J (Eds.). *Nuevas Tecnologías. Comunicación Audiovisual y Educación* (pp: 149-176). Barcelona: Cedecs (1998).
- [Benkiran, 2002] Benkiran, M.A., Ajhoun, R.M. "An adaptive and cooperative telelearning system: SMART-Learning". *International Journal on e-Learning*, v1, i(2), pp: 66-72, 2002.
- [Blanco, 2007] Blanco, F., González, C. "Diseño de un Prototipo para una Comunidad Virtual de Aprendizaje Integrando Juegos 3D en Moodle". In *Proceedings of Simposio Internacional de Informática Educativa, SIIE' 07*. Oporto, Portugal, 14-17 Octubre, 2007.
- [Boud, 1991] Boud, D. and Feletti, G. "The challenge of problem based learning". New York: St. Martin's Press (1991).
- [Bouras, 2005] Bouras, C., Giannaka, E., Tsiatsos, T. "Designing virtual spaces to support learning communities and e-collaboration". In *Proceedings of Advanced Learning Technologies, 2005 ICALT 2005* (pp 328-332). Kaohsiung, Taiwan, 5-8 Julio, 2005. Disponible online (14/12/2008): <http://icccexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1508691&isnumber=32317>
- [Brown, 2004] Brown, E.J., Brailsford, T. "Integration of learning style theory in an adaptive educational hypermedia (AEH) system". In *Proceedings of ALT-C Conference*. Exeter, UK, 14-19 Septiembre, 2004.

- [Brown, 2005] Brown, E., Cristea, A., Stewart, C. and Brailsford, T. "Patterns in authoring of adaptive educational hypermedia: A taxonomy for learning styles". *Educational Technology and Society*, v8, i(3), pp: 77-90, 2005.
- [Brown, 1995] Brown, R. W. "Autorating: Getting individual marks from team marks and enhancing teamwork". In *Proceedings of Frontiers in Education Conference*, paper 3c2.15-3c2.18 v2. Atlanta, 1-4 Marzo, 1995
- [Bruckman, 1997] Bruckman, A. S. "MOOSE Crossing: Construction, community, and learning in a networked virtual world for kids". Tesis doctoral. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA (1997).
- [Bruckman, 1999] Bruckman, A. "Can educational be fun?". In *Proceedings of Game Developer's Conference*. San Jose, California, 17 de Marzo, 1999
- [Brusilovsky, 1994] Brusilovsky, P. "The construction and application of student models in intelligent tutoring systems". *Journal of Computer and System Sciences International*, v32, n1, pp: 70-89, 1994. Disponible online (24/04/2008): <http://www2.sis.pitt.edu/~peterb/papers/studentmodels.pdf>.
- [Brusilovsky, 1996] Brusilovsky, P. "Methods and techniques of adaptive hypermedia". *User Modelling v6, Special Issue on Adaptive Hypertext and Hypermedia*, n2-3, pp: 87-129, 1996.
- [Brusilovsky, 1996c] Brusilovsky P., Schwarz E. & Weber G. "ELM-ART: An intelligent tutoring system on world wide web". En Frasson, C., Gauthier, G., & Lesgold, A. (Eds.). *Intelligent Tutoring Systems* (pp: 261-26). *Lecture Notes in Computer Science*, v 1086. Berlin: Springer Verlag (1996).
- [Brusilovsky, 1998] Brusilovsky, P., Eklund, J., Schwarz, E. "Web-based education for all: A tool for developing adaptive courseware". *Computer Networks and ISDN Systems*, v30, n1-7, pp: 291-300, 1998.
- [Brusilovsky, 1999] Brusilovsky P. "Adaptive and intelligent technologies for web-based education". *Kunstliche Intelligenz. Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching*, v4, 1999.
- [Brusilovsky, 2001] Brusilovsky, P. "Adaptive Hypermedia". *User Modelling and User Adapted Interaction* v11, pp: 81-10, 2001.
- [Brusilovsky, 2002] Brusilovsky, P., Maybury, M. T. "From adaptive hypermedia to the adaptive web". *Communications of the ACM*, v45, i(5), pp: 30-33, 2002.
- [Brusilovsky, 2007] Brusilovsky, P., Millán, E. "User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems". En P. Brusilovsky, A. Kobsa, and W. Nejdl (Eds.). *The Adaptive Web* (pp: 3-53). *Lecture Notes on Computer Science* v4321 (2001).
- [Bull, 2004] Bull, G., Bull, G., Kajder, S. "Tapped In". *Learning & Learning with Technology*, v31, i(5), pp:34-37, 2004.
- [Busato, 1999] Busato, V. V., Prins, F. J., Elshout, J. J., Hamaker, C. "The relation between learning styles, the Big Five personality traits and achievement motivation in higher education". *Personality and Individual Differences*, v26, n1, pp: 129-140, 1999.
- [Caeiro-Rodríguez, 2003] Caeiro-Rodríguez, M., Anido-Rifón, L., Llamas-Nistal, M. "A critical analysis of IMS Learning Design". En B. Wasson, L. Anido, & U. Hoppe (Eds.). *Proceedings of International Conference on Computer Support*

- for Collaborative Learning (pp: 363-367). Bergen: Kluwer Academic Publishers (2003).
- [Carr, 1977] Carr, B. P, Goldstein, I. "Overlays: A theory of modelling for computer aided instruction". M.I.T: Massachussets (1977).
- [Carr, 2008] Carr, D. Diane Carr's Playhouse blog. (2008). Recurso web (3/12/2008): <http://playhouse.wordpress.com>
- [Carro, 1999] Carro, R. M., Pulido E., Rodriguez P. "TANGOW: Task-based adaptive learner guidance on the WWW". In Proceedings of Second Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web. Computer Science Report (pp: 49-57). Toronto and Banff, Canada, 1999.
- [Cates, 1996] Cates, W. M. "Towards a taxonomy of metaphorical graphical user interfaces: Demands and implementations". In Proceedings of Selected Research and Development. Presentations at the 18th National Communications and Technology (pp: 101-110). Indianapolis, Estados Unidos, 1996.
- [Chalmers, 2003] Chalmers, P. A. "The role of cognitive theory in human-computer interface". Computers in Human Behavior, v19, i(5), pp: 593-607, 2003.
- [Chan, 1999] Chan, T. S., Ahern, T. C. "Targeting motivation--adapting flow theory to innstructional design". Journal of Educational Computing Research, v21, n2, pp: 151-163, 1999.
- [Chandra, 1999] Chandra, S., Richards, B., Larus, J. R. "Teapot: A domain-specific language for writing cache coherence protocols". IEEE Transactions on Software Engineering, v25, i(3), pp: 317-333, 1999.
- [Chin, 1993] Chin, D. "Acquiring user models". Artificial Intelligence Review (pp: 185-197). Kluwer Academic Publishers (1993).
- [Clarke, 2005] Clarke, J., Dede, C. "Making learning meaningful: An exploratory study of using Multi-User Virtual Environments (MUVES) in middle school science". Artículo presentado en the American Educational Research Association Conference. Montreal, Canada, Abril, 2005.
- [Clarke, 2006] Clarke, J., Dede, C., Ketelhut, D. J., Nelson, B. "A design-based research strategy to promote scalability for educational innovations". Educational Technology, v46, i(3), pp: 27-36, 2006.
- [Clinton, 2004] Clinton, K. A. "Embodiment in digital worlds: What being a video-game player has to teach us about learning". Annual Meeting of the American Educational Research Association. San Diego (United States), 2004.
- [Coffield, 2004] Coffield, F et al. "Learning styles and pedagogy in post-16 learning". Informe técnico elaborado para el Learning and Skills Research Centre. Recurso web (24 /08/ 2008) <http://www.lsda.org.uk/files/PDF/1543.pdf>
- [Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1992]. The Cognition and Technology Group at Vanderbilt. "The Jasper series as an example of anchored instruction: Theory, program description and assessment data". Educational Psychologist, v27, i(3), pp: 291-315, 1992.
- [Conati, 2002] Conati, C., Gertner, A. , VanLehn, K. "Using bayesian networks to manage uncertainty in student modelling". Journal of User-Modeling and User-Adapted Interaction, v12, i(4), pp: 371-417, 2002.

- [Condi, 2007] Condi, R., Munro, B., Seagraves, L., Kenesson, S. "The impact of ICT in schools, a landscape review". Informe técnico para Becta Research. Recurso web (10/04/2008): [http://partners.becta.org.uk/upload-dir/downloads/page\\_documents/research/impact\\_ict\\_schools.pdf](http://partners.becta.org.uk/upload-dir/downloads/page_documents/research/impact_ict_schools.pdf).
- [Coppercore, 2008] Coppercore Project (2008). Recurso web (11/12/2008) <http://coppercore.sourceforge.net>.
- [Cordova, 1996] Cordova, D. I., M. R. Lepper. "Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice". *Journal of Educational Psychology*, v88, i(4), pp: 715-730, 1996.
- [Corti, 2006] Corti, K. "Games-based learning; a serious bussiness application". En *PIXELearning* limittted, 2006. Recurso web (accedido 30/11/2008) (<http://www.pixelelearning.com/docs/seriousgamesbusinessapplications.pdf>).
- [Cullen, 2002] Cullen, J., Hadjivassiliou, E., Hamilton, E., Kelleher, J., Sommerland, E., Stern, E. "Review of current pedagogic research and practice in the fields of post-compulsory education and lifelong learning". Informe Final. Economic and Social Research Council. The Tavistock Institute, February 2002. Disponible on-line (22/04/2008): <http://www.tlrp.org/pub/acadpub/Tavistockreport.pdf>.
- [Dalgarno, 1996] Dalgarno, B. "Constructivist computer assisted learning: Theory and techniques". In *Proceedings of ASCILITE Conference* (pp. 127-148). Adelaide, South Australia, 2-4 December, 1996.
- [De Bra, 1998] De Bra, P., Calvi, L. "AHA! An open Adaptive Hypermedia Architecture". *The New Review of Hypermedia and Multimedia*, v4, pp: 115-139, 1998.
- [De Bra, 2003] De Bra, P., Aerts, A., Berden, B., de Lange, B., Rousseau, B., Santic, T., Smits, D., Stash, N.: "AHA! The adaptive hypermedia architecture". In *Proceedings of the Fourteenth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia (HT'03) (AHWorkshop)* (pp: 81–84). Nottingham, UK (2003).
- [De Groot, 2007] De Groot, R., Drachman, R., Hever, R., Schwarz, B., Hoppe, U., Harrer, A., De Laat, M., Wegerif, R., McLaren, B. M., Baurens, B. "Computer supported moderation of e-discussions: the ARGUNAUT approach". En *Clark Chinn and Gijsbert Erkens and Sadhana Puntambekar (Eds.). Mice, Minds, and Society* (v8, pp: 165-167).
- [Dede, 2004] Dede, C. "Enabling distributed learning communities via emerging technologies- Part one". *T.H.E Journal (Technological Horizons in Education)*. Septiembre, 2004.
- [Derry, 2004] Derry, S. J., Seymour, J., Steinkuehler, C., Lee, J., Siegel, M. A. "From ambitious vision to partially satisfying reality: An evolving socio-technical design supporting community and collaborative learning in teacher education". In *S. A. Barab, R. Kling, J. H. Gray (Eds.). Designing for communities of practice in the Service of learning. Learning in doing: Social, cognitive and computational perspectives* (pp: 256- 295). Cambridge University Press (2004).
- [Dickey, 2005] Dickey, M. D. "Three-dimensional virtual worlds and distance learning: two case studies of Active Worlds as a medium for distance education". *British Journal of Educational Technology*, v36, i(3), pp: 439-451.
- [Deibel, 2005] Deibel, K. "Team formation methods for increasing interaction during in-class group work". In *Proceedings of the 10th annual SIGCSE Conference on*

- Innovation and Technology in Computer Science Education (pp: 291–295). Caparica, Portugal, 27-29 Junio, 2005.
- [Dieterle, in press] Dieterle, E., & Clarke, J. "Multi-user virtual environments for teaching and learning". En M. Pagani (Eds.), *Encyclopedia of multimedia technology and networking* (2nd ed). Hershey, PA: Idea Group, Inc.
- [Dillenbourg, 1999] Dillenbourg, P. "What do you mean by "Collaborative Learning"?" En P. Dillenbourg (Eds.). *Collaborative Learning. Cognitive and Computational Approaches* (pp: 1-19). Oxford, UK: Elsevier Science (1999).
- [Dillenbourg, 2002] Dillenbourg, P. "Over scripting CSCL: The risks of blending collaborative learning with instructional design". En Kirschner, P. A. (Eds.). *Inaugural Address, Three Worlds of CSCL. Can we support CSCL?* (pp: 61-91). Heerlen: Open Universiteit Nederland (2002).
- [Dillenbourg, 2007] Dillenbourg, P., Jermann, P. "Designing integrative scripts". En F. Fischer, I. Kollar, H. Mandl, & J. Haake (Eds.). *Scripting computer-supported collaborative learning. Cognitive, computational, and educational perspectives* (pp. 277-302). New York: Springer (2007).
- [Duch, 2001] Duch, B. J., Grosh, S. E., Allen, D. E. "Why problem based learning? A case study of institutional change in undergraduate education". En Duch BJ, Grosh SE, Allen DE (eds.). *The power of problem based learning* (pp: 3-11). Virginia: Stylus Publishing, (2001).
- [Duran, 2006] Durán, E. B. "Modelo del alumno para sistemas de aprendizaje colaborativo". In *Proceedings of Workshop Artificial Intelligence in Education – WAIFE 2006/ASAI 2006*. Mendoza, Argentina, 4-5 de Septiembre, 2006.
- [Ebner, 2007] Ebner, M., Holzinger, A. "Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: An example from civil engineering". *Computers & Education*, v49, i(3), pp: 873-890, 2007.
- [Edelson, 1995] Edelson, D., O'Neill, K., Gomez, L., D'Amico, L. "A design for effective support of inquiry and collaboration". In *Proceedings of CSCL' 95* (pp: 107-111). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum (1995).
- [Elliott, 2005] Elliott, J. L. "AquaMOOSE 3D: A constructionist approach to math learning motivated by artistic expression". Tesis doctoral. Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA (2005).
- [Emes, 2008] Espacio Madrileño de Educación Superior, 2008. "Estudio del proceso de ingreso y matriculación en las universidades de la Comunidad de Madrid". Informe técnico realizado para el Espacio Madrileño de Educación Superior. Comunidad de Madrid y Dirección General de Universidades e Investigación (Eds.)(2008). Disponible online (30/12/2008): [http://www.emes.es/portals/25/publicaciones/0708\\_matriculacion.pdf](http://www.emes.es/portals/25/publicaciones/0708_matriculacion.pdf).
- [Encarnação, 1996] Encarnação M., Stork A. "An integrated approach to user-centered interface adaptation". Informe técnico WSI-96-10. University of Tübingen (1996).
- [Engeström, 1987] Engeström, Y. "Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research". Helsinki, Finland: Orienta-Konsultit (1987).

- [Engestrom, 1999] Engestrom, Y., Miettinen, R., Punamki, R.-L. "Perspectives on Activity Theory". Cambridge: Cambridge University Press (1999).
- [Escobedo, 2007] Escobedo del Cid, J. P., de la Fuente Valentín, L., Gutiérrez, S. Pardo, A., Delgado Kloos, C. "Implementation of a learning design run-time environment for the .LRN learning management system". *Journal of Interactive Media in Education* 2007.
- [Felder, 1996] Felder, R.M. "Matters of Style". *ASEE Prism*, v6, i(4), pp: 18–23, 1996.
- [Felder, 1988] Felder, R. M., Silverman, L. K. "Learning styles and teaching styles in engineering education". *English Education*, v78, i(7), pp: 674-681, 1988.
- [Felder, 2001] Felder, R. M., Brent, R. "Effective strategies for cooperative learning". *J. Cooperation & Collaboration in College Teaching*, v10, i(2), pp: 69-75, 2001.
- [Felder, 2004] Felder, R.M., Soloman, B.A. "Index of Learning Styles". Recurso web (14/12/2008): <http://www.ncsu.edu/felderpublic/ILSpage.html>.
- [Fernández-Manjón, 1996] Fernández-Manjón, B. "Desarrollo de sistemas de ayuda inteligente mediante integración de tecnologías y reutilización de información". Tesis doctoral. Facultad de Informática. Universidad Complutense de Madrid (1996).
- [Fernandez-Manjón, 2002] Fernandez-Manjon, B., Sancho, P. "Creating cost-effective adaptive educational hypermedia based on markup technologies and e-learning standards". *Interactive Educational Multimedia*, n. 4, pp: 1-11, Abril, 2002.
- [Fernández-Manjón, 2006] Fernández-Manjón, B., Moreno-Ger, P., Sierra, J. L., Martínez-Ortiz, I. "Uso de estándares aplicados a TIC en Educación". Report #16 CNICE (National Center for Educational Information and Communication). NIPO 651-06-344-7, 651-06-345-2. Disponible online (16/02/2008): <http://ares.cnice.mec.es/informes/16/contenido/indice.htm>. 2007.
- [Fernández-Manjón, 2009] Fernández-Manjón, B., Sierra, J. L., Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P. "Estandarización y modelado educativo". Informe nº 20. Instituto Superior de Formación y Recursos en Red para el Profesorado (ISFTIC) (anteriormente conocido como CNICE, Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa) del Ministerio de Educación, Política Social y Deporte (MEPSYD) de España (en prensa) (2009).
- [Fischer, 2007] Fischer, F. "Scripting computer-supported collaborative learning: Cognitive, computational and educational perspectives". En F. Fischer, I. Kollar, H. Mandl and J. M. Haake (Eds). Springer Science: Business Media (2007).
- [Freitas, 2006a] Freitas, S. "Learning in immersive worlds: A review of game based learning". Informe técnico para el JISC e-learning programme, Octubre 2006.
- [Freitas, 2006b] de Freitas, S., M. Oliver. "How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated?". *Computers and Education*, v46, i(3), pp: 249-264, 2006.
- [Freitas, 2008] Freitas, S. "Serious virtual worlds: A Scoping Study". Informe Técnico para el JISC e-Learning Programme, Noviembre, 2008.
- [Fröschl, 2005] Fröschl, C. "User modelling and user profiling in adaptive e-learning systems". Tesis doctoral. Graz University of Technology. Noviembre, 2005. Disponible online (26/04/2008): <http://www.iicm.tugraz.at/thesis/cfroeschl.pdf>

- 
- [Fuentes-Fernández, 2007] Fuentes-Fernández, R., Gómez-Sanz, J.J., Pavón, J. "Managing contradictions in multi-agent systems". *IEICE Transactions on Information and Systems*, E90-D(8), pp. 1243-1250.
- [Galarneau, 2004]. Galarneau, L. "The elearning edge: leveraging interactive technologies in the design of engaging, effective learning experiences". In *Proceedings of e-Fest*. Wellington, Nueva Zelanda, 11-12 Octubre, 2004.
- [Galarneau, 2005]. Galarneau, L. "Spontaneous communities of learning: Learning ecosystems in massively multiplayer online gaming environments". In *Proceedings of DiGRA 2005 Conference*. University of Vancouver, Vancouver, Junio, 2005.
- [Gamboa, 2001] Gamboa, H., Fred, A. "Designing intelligent tutoring systems: A Bayesian approach". In *Proceedings of 3rd International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 01)*. Setubal, Portugal, July 7-10, 2001.
- [García, 2007] García, P., Schiaffino, S., Amandi, A. "An enhanced Bayesian model to detect students' learning styles in Web-based courses". *Journal of Computer Assisted Learning*, v24, i(4), pp: 305 – 315, 2007.
- [Garfinkel, 1967]. Garfinkel, H. "Studies in ethnomethodology". Enlewood Cliffs NJ: Prentice-Hall (1967).
- [Garrison, 1993] Garrison, D. R. "Quality and theory in distance education: theoretical consideration". En D. Keegan (Eds.). *Theoretical principles of distance education*. Routledge: New York, USA (1993).
- [Gaudioso, 2002] Gaudioso, E., Boticario, J.G. "Supporting personalization in virtual communities in distance education". En World Scientific Publishing Company Pte Ltd. *Virtual Environments for Teaching and Learning* (2002).
- [Gaudioso, 2006] Gaudioso, E., Talavera, L. "Data mining to support tutoring in virtual learning communities: Experiences and challenges". En C. Romero & S. Ventura (Eds.). *Data Mining in e-Learning* (pp: 207-226). Southampton, UK: Wit Press (2006).
- [Gee, 1999]. Gee, J. P. "An introduction to discourse analysis: theory and method". New York: Routledge (1999).
- [Gee, 2003] Gee, J. P. "What video games have to teach us about learning and literacy". New York: Basingstoke, Palgrave Macmillan (2003).
- [Gertner, 2000] Gertner, A., VanLehn, K. "ANDES: A coached problem solving environment for physics". In *Proceedings of Intelligent Tutoring Systems 5th International Conference, ITS 2000* (pp: 131-142). Lecture Notes in Computer Science. Montreal, Canada, 19-23 Junio, 2000.
- [Gibson, 1986], Gibson, J. J. "The ecological approach to visual perception". Hillsdale NJ: Erlbaum (1986). (Trabajo original publicado en 1979).
- [Gomez-Martin 2007] Gomez-Martin, P. P. "Modelo de enseñanza basado en casos: de los tutores inteligentes a los videojuegos. Tesis Doctoral. Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid (2007).
- [González, 2007] González, C. S., Blanco, F. "Integrating educational 3D games in Moodle as affective interface". *Journal Simulation & Gaming*, 2007.
- [Greeno, 1993] Greeno, J.G., Moore, J. L. "Situativity and symbols: respons to Vera and Simon". *Cognitive Science*, v17, pp: 49-59, 1993.

- [Greeno, 1996] Greeno, J. G., Collins, A. M., Resnick, L. "Cognition and Learning". En C. Steeples & C. Jones (Eds). *Networked Learning: Perspectives and Issues* (pp: 15-46). London: Springer-Verlag (1996).
- [Greer, 1996] Greer, J. "Student Modeling Tutorial". In *Proceedings of User Modeling Conference*. Kailua-Kona, HI, Estados Unidos, 2-5 Enero, 1996.
- [Grigoriadou, 2001] Grigoriadou, M., Papanikolaou, K., Kornilakis, H., Magoulas, G.: "INSPIRE: An intelligent system for personalized instruction in a remote environment". In *Proceedings of 3<sup>rd</sup> Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia* (pp: 13-24). Sonthofen, Germany (2001).
- [Grove, 1996] Grove, J. "VR and history - Some findings and thoughts". *VR in the Schools*, v2, i(1), 1996.
- [Gutiérrez, 2004] Gutiérrez, S., García Rioja, R. M., Pardo, A., Delgado Kloos, C. "Beyond simple sequencing: Sequencing of learning activities using hierarchical graphs". In *Proceedings of International Conference on Web based Education (WBE'04)*. Innsbruck, Austria, 16-18 Febrero, 2004.
- [Guzdial, 1997] Guzdial, M., Hmelo, C., Hübscher, R., Nagel, K., Newstetter, W., Puntembakar, S., Shabo, A., Turns, J., and Kolodner, J. L.. "Integrating and guiding collaboration learning research at Georgia Tech". En R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Eds). *Proceedings of Computer Supported Collaborative Learning '97* (pp: 91-100). Toronto, Ontario, Canada (1997).
- [Guzdial, 2000] Guzdial, M., Turns, J. "Effective discussion through a computer-mediated anchored forum". *Journal of Learning Sciences*, v9, i(4), pp: 437-469, 2000.
- [Gygi, 1990] Gygi, K. "Recognising the symptoms of hypertext...and what to do about it". En B. Laurel (Eds). *The Art of Human Computer Interface Design* (pp: 279-287). Addison-Wesley (1990).
- [Haake, 2006] Haake, J., Pfister, H. R.: "Flexible scripting in net-based learning groups". En Fischer, F., Kollar, I., Mandl, H., Haake, J. (Eds.). *Scripting Computer-Supported Collaborative Learning* (pp: 155-175). Springer-Verlag, Heidelberg, New York (2006).
- [Haake, 2008] Haake, M., Gulz, A. "Visual stereotypes and virtual pedagogical agents". *Educational Technology & Society*, v11, i(4), pp: 1-15, 2008.
- [Häkkinen, 2007] Häkkinen P., Mäkitalo-Siegl, K. "Educational Perspectives to Scripting CSCL". En F. Fischer, H. Mandl, J. Haake & I. Kollar (Eds.). *Scripting Computer-Supported Collaborative Learning – Cognitive, Computational, and Educational Perspectives* (pp: 262-270). New York: Springer (2007).
- [Hall, 1997] Hall, B. "Web-based training cookbook". John Wiley & Sons: New York (1997).
- [Hamalainen, 2004] Hamalainen, W., Suhonen, J., Sutinen, E., Toivonen, H. "Data mining in personalizing distance education courses". In *Proceedings of World Conference on Open Learning and Distance Education* (pp: 1-11). Hong Kong, China, 18-21 Febrero, 2004.
- [Hannafin, 1989] Hannafin, M. J., Hooper, S. "An integrated framework for CBI screen design and layout". *Computers in Human Behavior*, v5, i(3), pp: 155-165.



- 
- [Hansen, 2003] Hansen, C., McCalla, G. "Active open learner modelling". In Proceedings of AIED 2003 Conference. Sydney, Australia, 20-24, Julio, 2003.
- [Harel, 1987] Harel, D. "Statecharts: A visual formalism for complex systems". *Science of Computer Programming*, v8, pp: 231-274, 1987.
- [Harrer, 2006] Harrer, A., Malzahn, N. "Bridging the gap – Towards a graphical modeling language for learning designs and collaboration scripts of various granularities". In Proceedings of the Sixth International Conference of Advanced Learning Technologies (ICALT'06), IEEE. Kerkhade, Holanda, 5-7 Julio, 2006.
- [Hathaway, 2007] Hathaway, T., Muse, E. J., Althoff, T. "Engaging Diversity: Report on pedagogical practices and methods in e-learning". Informe Técnico. School of Education, University of Wales, Bangor, 19 de Enero 2007.
- [Hawkins, 1994] Hawkins, D. "Constructivism: Some history". En P. J. Fensham, R. F. Gunstone and R. T. White (Eds). *The Content of Science* (pp: 9-13). The Falmer Press (1994).
- [Hays, 2005] Hays, R.T. "The effectiveness of Instructional Games: A Literature Review". Informe Técnico para Naval Air Warfare Center Training Systems Division, Noviembre 2005.
- [He, 2002] He, S., Kinshuk, H. H., Patel, A. "Granular Approach to Adaptivity in Problem-based Learning Environment". En V. Petrushin, P. Kommers, Kinshuk, and I. Galeev (Eds.). *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'02)* (pp. 3-7): IEEE Learning Technology Task Force (2002).
- [Henze, 1998] Henze, N., Nejd, W. "Adaptation in open corpus hypermedia". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, v12, i(4), pp: 325-350, 1998. Disponible online (1/12/2008): [http://cbl.leeds.ac.uk/ijaied/abstracts/Vol\\_12/henze.html](http://cbl.leeds.ac.uk/ijaied/abstracts/Vol_12/henze.html).
- [Hernández-Leo, 2004] Hernández-Leo, D., Asensio-Pérez, J.I., Dimitriadis, Y. "IMS Learning Design support for the formalization of Collaborative Learning Patterns". En Kinshuk, C. Looi, E. Sutinen, D. Sampson, I. Aedo, L. Uden, & E. Kähkönen (Eds.). *Proceedings of 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp: 350-354). Joensuu, Finland: IEEE Computer Society (2004).
- [Hernández-Leo, 2007] Hernández-Leo, D. "A pattern-based design process for the creation of CSCL macro-scripts computationally represented with IMS LD". Tesis doctoral no publicada. Universidad de Valladolid (2007).
- [Hicks, 1991] Hicks, R., Essinger, J. "Making computers more human: Designing for human computer interaction". Elsevier Advanced Technology (pp: 75-76). Oxford, UK (1991).
- [Holmevik, 2000] Holmevik, J. R., Haynes, C. "MOOniversity: A student's guide to online learning environments". Beedham Heights, MA: Allyn & Bacon (2000).
- [Honari, 2006] Honari, B., Donovan, J., Flood, B., Murphy, E. "Use of bayesian networks in estimating the reliability of distributed communication systems". En *Proceedings of ISSAT 2006 Conference*. Chicago, Estados Unidos, 3-5 Agosto, 2006.

- [Honey, 1992] Honey, P., Mumford, A. "The manual of learning styles". Maidenhead: Peter Honey Publications (1992)
- [Hoppe, 1999] Hoppe, U. H, Plowtznier, R. "Can analytic models support learning in groups". En Dillemburg (Eds.) Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches (pp: 147-168). Oxford: Elsevier (1999).
- [Horizon, 2007] The Horizon Report, 2007 Edition. The New media consortium and the EDUCAUSE Learning Initiative (2007).
- [Hron, 1998] Hron, A. "Metaphors as didactic means for multimedia learning environments". Innovations in Education and Training International, v35, i(1), pp: 21-28, 1998.
- [Huang, 1991] Huang X., McCalla G., Greer J., Neufeld E. "Revising deductive knowledge and stereotypical knowledge in a student model". User Modeling and User-Adapted Interaction Journal, v1, pp: 87-115, 1997.
- [Hutkins, 1995]. Hutkins, E. "Cognition in the wild". Cambridge MA: MIT Press (1995).
- [IEEE LOM, 2002] "Draft Standard for Learning Object Metadata" IEEE P1484.12.1/D6.4, Noviembre 2002. Recurso web (6/12/2008): <http://ltsc.ieee.org/wg12/par1484-12-1.html>.
- [IMS CP, 2003] IMS Global Consortium. "IMS Content Packaging v1.1.4 final specification". 2003. Recurso web (21/05/2008): <http://www.imsglobal.org/content/packaging/>.
- [IMS ENT, 2002] IMS Global Consortium. "The IMS Enterprise v1.1 Final specification". Julio 2002, Recurso web (21/05/2008): <http://www.imsglobal.org/enterprise/index.html>.
- [IMS LD, 2003]. IMS Global Consortium. "Learning Design Specification". Version 1. Final Specification. Noviembre, 2003. Recurso web (4/12/2008): <http://www.imsglobal.org/learningdesign/index.html>
- [IMS LIP, 2001] IMS Global Consortium. "Version 1.0.1 Final Specification. Learner Information Package". Recurso web (4/12/2008): <http://www.imsglobal.org/profiles/index.html> (02/06/2008).
- [IMS METADATA, 2002]. IMS Global Learning Consortium. "Final version 1.3 Learning Resources Metadata Specification". Recurso web (4/12/2008): <http://www.imsglobal.org/metadata/>
- [IMS SS, 2003]. IMS Global Learning Consortium. "Version 1.0. Simple Sequencing Specification". Recurso web (21/05/2008): <http://www.imsglobal.org/simplesequencing/index.html>.
- [Jermann, 2004] Jermann, P., Soller, A., Lesgold, A. "Computer software support for CSCL". En J. W. Strijbos, P. A. Kirschner, & R. L. Martens (Eds.). What we know about CSCL and implementing it in higher education (pp: 141-166). Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers (2004).
- [Jewels, 2002]. Jewels, P. "But in the end, they're still nothing more than video games". Jive Magazine. Recurso web (3/12/2008): <http://www.jivemagazine.com/article.php?pid=82>
- [Johnson, 2001]. Johnson, C. M. "A survey of current research on online communities of practice". The Internet and Higher Education, v4, pp: 45-60, 2001.

- [Johnson, 1975] Johnson, D.W., Jonhson, R. T. "Learning together: Group theory and group skills". Pearson Education (1975).
- [Johnson, 1992] Jonhson, D. W., Jonhson, R. T., Johnson-Holubec, E. "Advanced cooperative learning". Edina: Interaction Book Company (1992).
- [Jones, 2004] Jones, J. G., Hicks, J. "3D online learning environments for emergency preparedness and homeland security training". En *Proceedings of E-Learning 2004: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education* (pp: 2707-2712). J. Nall & R. Robson (Eds.). Washington, D.C.: Association for the Advancement of Computing in Education (2004).
- [Ju, 1997] Ju, E., Wagner, C. "Personal computer adventure games: Their structure, principles and applicability for training". *The Database for Advances in Information Systems*, v28, i(2), pp: 78-92, 1997.
- [Jurado, 2008] Jurado, F., Molina, A. I., Giraldo, W. J., Redondo, M. A., Ortega, M. "Using CIAN for specifying collaborative scripts in learning design". In *Proceedings of CDVE 2008* (pp: 204-211). Springer Heildberg: Berlin (2008).
- [Kaerulff, 2005] Kaerulff, U. B., Madsen, A. L. "Probabilistic networks – An introduction to bayesian networks and influence diagrams". Aalborg University: 2005. Disponible online (29/04/2008): <http://developer.hugin.com/Publications/pgm-book-I-05.pdf/pgm-book-I-05.pdf>
- [Kafai, 2006] Kafai, Y. B. "Playing and making games for learning: Instructionist and constructionist perspectives for game studies". *Games and Culture*, v1, i(1), pp: 36–40, 2006.
- [Kagan, 1994] Kagan, S. "Cooperative learning". San Juan Capistrano: Kagan Cooperative Learning (1994).
- [Karampiperis, 2005] Karampiperis, P., Sampson, D. "Adaptive learning resources sequencing in educational hypermedia systems". *Educational Technology & Society* v8, i(4), pp: 128-147, 2005.
- [Kay, 1995] Kay J. "The UM toolkit for cooperative user modelling" User Modeling and User-Adapted Interaction (UMUAI), Kluwer Academic Publisher, v4, pp: 149-196, 1995.
- [Kay, 2000] Kay, J. "User interfaces for all". *User Modelling for Adaptation. Human Factor Series* (pp: 271-294). Lawrence Erlbaum Associates, Inc. (2000). Disponible online (26/04/2008): <http://www.cs.usyd.edu.au/~judy/Homeec/Pubs/ch18.pdf>
- [Kemp, 2006] Kemp, J., Livingstone, D. "Putting a Second Life 'Metaverse' skin on learning management systems". Documento de trabajo. Jeremy Kemp, eCampus, San Jose State University, USA and Daniel Livingstone, School of Computing, University of Paisley, UK. Recurso web (14/05/2008): <http://www.sloodle.com/whitepaper.pdf>
- [Kent, 2003] Kent, S. L. "Alternate reality: The history of massively multiplayer online games". Recurso web (9/12/2008): <http://www.gamespy.com/amdmog/week1/index.shtml>
- [Ketelhut, in press] Ketelhut, D., Dede, C., Clarke, J., Nelson, B., Bowman, C. "Studying situated learning in a multi-user virtual environment". En E. Baker, J.

- Dickieson, W. Wulfeck & H. O'Neil (Eds.). *Assessment of Problem Solving Using Simulations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates (in press).
- [Kinshuk, 1999] Kinshuk, Oppermann, R., Patel, A., and Kashihara, A. "Multiple presentation approach in multimedia based intelligent educational systems". En S. P. Lajpie & M. Vivet (Eds.). *Artificial Intelligence in Education* (pp: 259-266). Amsterdam: ISO Press (1999).
- [Kirriemur, 2005] Kirriemur, J. "A survey of COTS games used in education". In *Proceedings of Serious Games Summit, Game Developers Conference*. San Francisco, Marzo 2005. Disponible online (accedido 25/03/08) <http://www.slideshare.net/silversprite/a-survey-of-cots-games-used-in-education/>.
- [Kirschner, 2001] Kirschner, P.A. "Using integrated electronic environments for collaborative teaching/learning". *Research Dialogue in Learning and Instruction*, v2, i(1) pp: 1-10, 2001.
- [Kirton, 2006] Kirton, M. J. "Adaptation-Innovation in the context of diversity and change". New York, NY, USA: Routledge (1996).
- [Klosgen, 2002] Klosgen, W., Zytkow, J. "Handbook of data mining and knowledge discovery". New York: Oxford University Press (2002).
- [Kobsa, 2001] Kobsa, A. "Generic user modeling systems". *User Modeling and User-Adapted Interaction*, v11, pp: 49-63, 2001.
- [Kobbe, 2005] Kobbe, L. "Framework on multiple goal dimensions for computer-supported scripts". Deliverable D29.2.1. final for the Kaleidoscope European project (2005).
- [Kobbe, 2007] Kobbe, L., Weinberger, A., Dillenburger, P., Harrer, A., Hämäläinen, R., Häkkinen P., Fischer, F. "Specifying computer-supported collaboration scripts". *Computer-Supported Collaborative Learning*, v2, pp: 211-224, 2007.
- [Koch, 2000] Koch, N. "Software engineering for adaptive hypermedia systems". Tesis doctoral. Ludwig-Maximilians-University, Munich, Germany, 2000. Accesible online (23/04/2008): <http://www.pst.informatik.uni-muenchen.de/personen/kochn/PhDThesisNoraKoch.pdf>
- [Koffa, 1935] Koffa, K. "Principles of Gestalt psychology". London, Routledge and Kegan Paul (1935).
- [Koku, 2004] Koku, E. F., Wellman, B. "Scholarly networks as learning communities: The case of TechNet". En S. A. Barab, R. Kling, J. H. Gray (Eds.). *Designing for Communities of Practice in the Service of Learning. Learning in Doing: Social, Cognitive and Computational Perspectives* (pp: 299- 337). Cambridge University Press (2004).
- [Kolb, 1984] Kolb, D. "Experiential learning: Experience as the source of learning and development". Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall (1984).
- [Kollar, 2006] Kollar, I., Fischer, F., Hesse, F. "Computer-supported cooperation scripts—A conceptual analysis". *Educational Psychology Review*, v18, i(2), pp: 159-185, 2006.
- [Koper, 2001] Koper, R. "Modelling units of learning from a pedagogical perspective: The pedagogical meta-model behind EML". Heerlen: Open University of Learn-

- ing (2001). Disponible online (22/05/2008): <http://dspace.ou.nl/bitstream/1820/64/2/metamodel.pdf>
- [Koper, 2005] Koper, R. "An introduction to learning design". En Koper and Tattersal (Eds.) *Learning Design: A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training* (pp: 3-20). Heidelberg, Berlin: Springer Verlag (2005).
- [Kruse, 2002] Kruse, K. "Introduction to Instructional Design and the ADDIE Model". Recurso web (15/12/2008): [http://www.e-learningguru.com/articles/art2\\_1.htm](http://www.e-learningguru.com/articles/art2_1.htm).
- [Kuuti, 1996] Kuutti, K. "Activity Theory as a potential framework for Human-computer interaction research". En B.A. Nardi, *Context and Consciousness* (Eds). *Activity Theory and Human Computer Interaction* (pp. 17-44). Cambridge, MA, USA: MIT Press (1996).
- [Lave, 1988] Lave, J. "Gognition in practice". Cadbridge UK: Cambridge University Press (1998).
- [Lave, 1991] Lave, J., Wenger, E., "Situated learning: Legitimate peripheral participation". Cambridge: Cambridge University Press (1991).
- [Leahy, 1993] Leahy, T. H. and Harris, R. J. "Learning and cognition". Prentice-Hall (1993).
- [Lehtinen, 2002] Lehtinen, E. "Developing models for distributed problem-based learning: Theoretical and methodological reflection". *Distance Education*, v23, n1, 2002.
- [Li, 2005] Li, X., Ji, Q. "Active affective state detection and assistance with dynamic bayesian networks". *IEEE Transactions on Systems Man, and Cybernetics: Special Issue on Ambient Intelligence*, v35, n1, pp: 93-105, 2005.
- [Lindblom-Ylänne, 1999] Lindblom-Ylänne, S., Lonka, K. "Individual ways of interacting with the learningenvironment - Are they related to study success?" *Learning and Instruction*, v9, pp: 1-18.
- [Livingstone, 2006] Livingstone, D. and Kemp, J. "Massively multi-learner: recent advances in social environments". *Computing and Information Systems Journal*, School of Computing, University of Paisley, v10, i(2), 1996.
- [LOM, 2002] Learning Object Metadata (LOM) 2002, 1484.12.1 – 2002. Approved by the IEEE-Standards. Recurso web (1/12/2008): <http://ltsc.ieee.org/wg12/20020612-Final-LOM-Draft.html>.
- [Lonka, 1997] Lonka, K., Heikkil, A., Lindblom-Ylänne, S., Maury, S. "Are epistemologies related to study activities in an innovative course?" Artículo presentado en 7th Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction. Athens, Greece, Agosto, 1997.
- [Mahling, 1995] Mahling, D. E., Sorrows, B. B., Skogseid, I. "A collaborative environment for semi-structured problem based learning". In *Proceedings of CSCIL'95*. Indiana University, Bloomington, IN, 17-20 Octubre, 1995
- [Martens, 2004] Martens, R. L., J. Gulikers, et al.. "The impact of intrinsic motivation on e-learning in authentic computer tasks". *Journal of Computer Assisted Learning*, v20, i(5), pp: 368-376, 2004.

- [Martínez-Ortiz, 2008a] Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., Fernández-Manjón, B. "Enhancing reusability of IMS LD Units of Learning: The e-LD Approach". In Proceedings of 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2008) (pp 402-404) (IEEE Computer Society). July 2008, Santander, Spain.
- [Martínez-Ortiz, 2008b] Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P., Sierra, J. L., Fernández-Manjón, B. "A flow-oriented visual language for learning designs". In Proceedings of the 7th International Conference on Web-based Learning (ICWL 2008), (pp: 486-496) (Best Paper Award of ICWL 2008). Lecture Notes in Computer Science 5145. Jinhua, China, 20-22 Agosto, 2008.
- [Mayer, 2003] Mayer, R. E. "The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media". *Learning and Instruction*, v13, pp: 125-139, 2003.
- [Mayes, 2004] Mayes, T., Freitas, S. "JISC. e-Learning models desk study. Stage 2: Review of e-learning theories, frameworks and models". Informe técnico. London, JISC (2004). Disponible online (1/12/2008): [http://www.jisc.ac.uk/uploaded\\_documents/Stage%202%20Learning%20Models%20\(V%201\).pdf](http://www.jisc.ac.uk/uploaded_documents/Stage%202%20Learning%20Models%20(V%201).pdf)
- [McConnell, 2002] McConnell, D. "Action research and distributed problem-based learning in continuing professional education". *Distance Education*, v23, n1, pp: 59-83, 2002.
- [McKnight, 1991] McKnight, C., Dillon, A., Richardson, J. "Hypertext in Context". Cambridge University Press (1991).
- [Mernik, 2005] Mernik, M., Heering, J., Sloane, A. M. "When and how to develop domain specific languages". *ACM Computer Surveys*, v37, i(4), pp: 316-344, 2005.
- [Metros, 2002] Metros, S. E., Hedberg, J. G. "More than just a pretty (inter) face: The role of the graphical user interface in engaging elearners". *Quarterly Review of Distance Education*, v3, i(2), pp: 191-205, 2002.
- [Miao, 2000] Miao, Y., Holslt, S. L., Haake, J. M. "PBL-Protocols: Guiding and controlling problem based learning processes in virtual learning environments". En B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.). *Fourth International Conference on the Learning Sciences* (pp: 232-237). Mahwah, NJ: Erlbaum (2000).
- [Miao, 2006] Miao, Y., Harrer, A., Hoeksema, K. and Hoppe, H. U. "Modeling CSCL scripts – A reflection on learning design approaches". En Fischer, Kollar, Mandl, and Haake (Eds.). *Scripting Computer-Supported Collaborative Learning. Cognitive, Computational and Educational Perspectives* (pp: 117-135). Springer (2006).
- [Miao, 2007] Miao, Y., Burgos, D., Griffiths, D., Koper, R. "Representation of coordination mechanisms in IMS LD". En Tenc Publications and Preprints, Marzo, 2007. Disponible online (14/07/2008): <http://hdl.handle.net/1820/930>.
- [Michaud, 2004] Michaud, L. N., McCoy, K. F. "Empirical derivation of a sequence of user stereotypes for language learning". *User Modelling and User Adapted Interaction*, v14, pp: 317-350, 2004.

- [Mitchell, 2004] Mitchell, A., Savill-Smith, C. "The use of computer video games for learning. A review of the literature." DSDA: London (2004). Recurso web (1/12/2008): <http://www.lsd.org.uk/files/PDF/1529.pdf>.
- [Mitrovic, 2002] Mitrovic, T., Martin, B. "WETAS: A Web-Based Authoring System for Constraint-Based ITS". Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. Springer Berlin / Heidelberg, v 2347, pp: 543-546, 2002..
- [Molenda, 2003] Molenda, M. "In search of the elusive ADDIE model". Performance Improvement Journal, i42, v(5), pp: 34-36. Disponible on line (19/01/2009): <http://www.indiana.edu/~molpage/In%20Search%20of%20Elusive%20ADDIE.pdf#search=%22ADDIE%20Model%20%2Bhistory%22>
- [Mor, 2004] Mor, E., Minguillon, J. "E-learning personalization based on itineraries and long-term navigational behaviour". In Proceedings of the 13th International World Wide Web Conference (pp:264-265). Nueva York, USA, 19-21 Mayo, 2004.
- [Morales, 2004] Morales, P., Landa, V. "Aprendizaje basado en problemas". Theoria, v13, pp: 143-157, 2004.
- [Moreno-Ger, 2006] Moreno-Ger, P. "El proyecto <e-Game>: Desarrollo de Aventuras Gráficas Educativas mediante una evolución de la Aproximación Documental al Desarrollo de Software". Trabajo de investigación para el doctorado en Ingeniería informática de la Universidad Complutense de Madrid, 2006.
- [Moreno-Ger, 2007a] Moreno-Ger, P., Sierra, J. L., Martínez-Ortiz, I., Fernández-Manjón, B. "A Documental approach to adventure game development". Science of Computer Programming, v67, i(1), pp: 3-31, 2007.
- [Moreno-Ger, 2007b] Moreno-Ger, P., Sancho, P., Martínez, I., Sierra, J. L., Fernández-Manjón, B. "Adaptive units of learning and educational videogames". Journal of Interactive Media in Education.. Special Issue on Adaptation and IMS Learning Design, Daniel Burgos (ed.). Mayo, 2007.
- [Moreno-Ger, 2007c] Moreno-Ger, P. "Una Aproximación Documental para la Creación e Integración de Juegos Digitales en Entornos Virtuales de Enseñanza". Tesis Doctoral. Facultad de Informática, Univesidad Complutense de Madrid (2007).
- [Morningstar, 1990] Morningstar, C., Farmer, F. R. "The Lessons of Lucasfilm's Habitat". First Annual International Conference on Cyberspace, MIT. Cambridge, Mass, UK, 1990.
- [MOSIL, 2004]. Framework for integrated learning. Recurso web (10/07/2008): [http://edtech.oulu.fi/index.php?p=mosil\\_mobile\\_support\\_for\\_integrated\\_learning](http://edtech.oulu.fi/index.php?p=mosil_mobile_support_for_integrated_learning)
- [Muehlenbrock, 2006] Muehlenbrock, M. "Learning group formation based on learning profile and context". International Journal on e-learning IFEL, v5, i(1), pp: 19-24, 2006.
- [Mudrack, 1995] Mudrack, P. E., Farrell, G. M. "An examination of functional role behaviour and its consequences for individuals in group settings". Small Group Research, v26, pp: 542-571, 1995.



- [Murray, 2003] Murray, T. "MetaLinks: Authoring and affordances for conceptual and narrative flow in adaptive hyperbooks". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, v13, n2-4, pp: 197-231, 2003.
- [Murray, 1999] Murray, W. "An easily implemented, linear-time algorithm for bayesian student modeling in multi-level trees". In *Proceedings of the 9th World Conference on Artificial Intelligence and Education (AIED 99)* (pp: 413-420). Le Mans, France, 18-23 Julio, 1999.
- [Myers, 2000] Myers, B., Hudson, S. E., Pausch, R. "Past, present and future of user interface software tools". *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, v7, n1, pp: 3-28, 2000.
- [Nardi, 2006] Nardi, B., Harris, J. "Strangers and friends: Collaborative play in World of Warcraft". In *Proceedings of Computer Supported Collaborative Learning (CSCW'06)*. Banf, Alberta, Canada, 4-8 November, 2006.
- [Nardi, 2008] Nardi, B. A., Ly, S., Harris, J. "Learning conversations in World of Warcraft". In *Proceedings of the 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'07)*. Hawaii, USA, 3-6 Enero, 2007.
- [Neufeld, 1974] Neufeld, V. R., Barrows, H. S. "The "The McMaster Philosophy": An approach to medical education". *Journal of Medical Education*, v 49, i(11), pp: 1040-50.
- [Nielsen, 2000] Nielsen, J. "Designing web usability: The practice of simplicity". Indianapolis, IN: New Riders Publishing (2000).
- [Norman, 1988] Norman, D. "The psychology of everyday things". New York, NY: Basic Books (1988).
- [Oakley, 2004] Oakley, B., Felder, R. M., Brent, R., Elhajj, I. "Turning student groups into effective teams". New Forums Press, Inc. (2004).
- [Oblinger, 2003] Oblinger, D. G. (2003). "Boomers, Gen-Xers and millennials: Understanding the new students". *Educase Review*, pp: 37-47, Julio-Agosto, 2003.
- [Oblinger, 2005] Oblinger, D., Oblinger, J. "Is it age or IT: First steps towards understanding the net generation". En Diana Oblinger and James Oblinger (Eds). *Educating the Net Generation* (pp: 2.1-2.20). Educause Publication (2005).
- [Owen, 2007] Owen, M., A. Diamant, and R. Joiner. "Racing academy FE/HE edition: A research paper". Bristol, U.K.: Futurelab (2007). Disponible on-line (25/03/08): [http://www.futurelab.org.uk/resources/documents/project\\_reports/Racing\\_Academy\\_FEHE\\_research\\_paper.pdf](http://www.futurelab.org.uk/resources/documents/project_reports/Racing_Academy_FEHE_research_paper.pdf).
- [O'Donnell, 1992] O'Donnell, A. M., Dansereau, D. F. "Scripted cooperation in student dyads: A method for analyzing and enhancing academic learning and performance". En R. Hertz-Lazarowitz and N. Miller (Eds.). *Interaction in Cooperative Groups: The Theoretical Anatomy of Group Learning* (pp: 120-141). Cambridge: C.U.P. (1992)
- [O'Malley, 1990] O'Malley, C. E., Scanlon, E. "Computer-supported collaborative learning: Problem solving and distance education". *Computers and Education*, v15, n1-3, pp: 127-136, 1990.



- [Paiva, 1997] A. Paiva. "Lerner Modelling for Collaborative Learning Environments". En B. Boulay and R. Mizoguchi (Eds.). *Proceedings of Artificial Intelligence in Education* (pp: 215-230). Kobe, Japón, IOS Press (1997).
- [Panitz, 1996] Panitz, T. "Collaborative versus cooperative learning". Recurso web (27/03/2008):  
<http://home.capecod.net/~tpanitz/tedsarticles/coopdefinition.htm>.
- [Papakonstantinou, 2007] Papakonstantinou, A., Demetriadis, S., Bassiliades, N. "On-toology development for computer supported collaborative learning scripts". In *Proceedings of BCI 2007 Conference*. Sofia, Bulgaria, 27-29 Septiembre, 2007.
- [Papanikolaou, 2003] Papanikolaou K., Grigoriadou M., Kornilakis H., Magoulas G.D. "Personalising the interaction in a Web-based educational hypermedia system: The case of INSPIRE". *User-Modeling and User-Adapted Interaction*, v13, pp: 213-267, 2003.
- [Papert, 1994] Papert, S. "The children's machine: nethinking school in the age of the computer". New York: Basic Books (1994).
- [Parizotto-Ribeiro, 2004] Parizotto-Ribeiro, R., Hammond, N., Mansano, J., Cziulik, C. "Aesthetics and perceived usability of VLEs: preliminary results". In *Proceedings of Human Computer Interaction Conference (HCI 2004)* (pp: 217-221). Leeds Metropolitan University, UK, 6-10 Septiembre, 2004.
- [Paredes, 2006] Paredes, P., Rodríguez, P. "The application of learning styles in both individual and collaborative learning". In *Proceedings of ICALT 2006* (pp:1141-1142). Kerkake, Holanda. 5-7 Julio, 2006.
- [Paredes, 2008] Paredes, P. "Una propuesta de incorporación de los estilos de aprendizaje a los modelos de usuario en los sistemas de enseñanza adaptativos". Tesis Doctoral. Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid. Octubre, 2008.
- [Paulsen, 2002] Paulsen, M. F. "Online Education Systems: Discussion and definition of terms". Recurso web (3/06/2008):  
<http://www.nettskolen.com/forskning/Definition%20of%20Terms.pdf>
- [Park, 1993] Park, I., Hannafin, M. J. "Empirically-based guidelines for the design of interactive multimedia". *Educational Technology Research and Development*, v39, i(3), 1993.
- [Pea, 1994] Pea, R. D., Edelson, D. C., Gomez, L. M. "Distributed collaborative science learning using scientific visualization and wideband telecommunications". In *Proceedings of 160<sup>th</sup> Meeting of the American Association for the Advancement of Science*. Multimedia information systems for science and engineering education: Harnessing technologies. Northwestern University, Evanston, IL, 1994.
- [Pearl, 1988] Pearl, J. "Probabilistic reasoning in intelligent systems". En Morgan Kauffman (Eds.) (1988).
- [Pelled, 1996] Pelled, L. H. "Demographic diversity, conflict, and groupware outcomes: An intervening process theory". *Organization Science*, v7, i(6), pp: 615-631, 1996.
- [Peña, 2005] Peña, A. "Collaborative student modeling by cognitive maps". In *Proceedings of the First International Conference on Distributed Frameworks for*

- Multimedia Applications (DFMA'05). IEEE Computer Society. Besançon, France, 6-9 Febrero, 2005.
- [Pfister, 2002] Pfister, H. R., Mühlhpfordt, M. "Supporting discourse in a synchronous learning environment: The learning protocol approach". In Proceedings of the CSCL' 2002 (pp: 581-589). University of Colorado, Boulder, CO, USA, 7-11 Enero, 2002.
- [Piaget, 1970] Piaget, J. "Science of education and the psychology of the child". New York: Orion Press (1970).
- [Pilar da Silva, 1998] Pilar da Silva, D., Durm, R. V., Duval, E. and Olivie", H. "Concepts and documents for adaptive educational hypermedia: a model and a prototype". In Proceedings of Second Adaptive Hypertext and Hypermedia Workshop at the Ninth ACM International Hypertext Conference Hypertext'98. Computing Science Reports 98/12 (pp: 35-43). Eindhoven University of Technology: Pittsburgh, PA. (1998).
- [Pintrich, 1994] Pintrich, P. R. "Continuities and discontinuities: Future directions for research in educational psychology". *Journal of Educational Psychology*, n29, pp: 137-148, 1994.
- [Plass, 1998] Plass, J. L. "Design and evaluation of the user interface of foreign language multimedia software approach". *Language Learning & Technology*, v2, i(1), pp: 40-53, 1998.
- [Polsani, 2003] Polsani, P. R. "Use and abuse of reusable learning objects". *Journal of Digital Information*, v3, i(4), n. 164, 2003. Disponible online (1/12/2008): <http://jodi.tamu.edu/Articles/v03/i04/Polsani/>.
- [Prensky, 2001] Prensky, M. "Digital natives, digital immigrants". *On the Horizon*. NCB University Press, v9, n5, Octubre 2001.
- [Prensky, 2001c] Prensky, M. "Do they really think differently?". *On the Horizon*: NCB University Press, v6, Diciembre, 2001.
- [Ragnemalm, 1995] Ragnemalm, E. "Student diagnosis in practice; Bridging the gap". *User Modeling and User-Adapted Interaction (UMUAI) International Journal*, Kluwer Academic Publishers, v5, pp: 93-116, 1995.
- [Rawling, 2002] Rawling, A., van Rosmalen, P., Koper, R., Rodríguez-Artacho, M., Lefrere, P. "Survey of educational modelling languages (EMLs)". Informe técnico. CEN/ISSS WS/LT, Learning Technologies Workshop. Version 1. 19 de Septiembre, 2002. Disponible online (22/05/2008): <https://www.cen.eu/CENORM/BusinessDomains/BusinessDomains/ISSS/activity/emlsurveyv1.pdf>.
- [Rayner, 2007] Rayner, S. "A teaching elixir, learning chimera or just fool's gold? Do learning styles matter?". *Support for Learning*, v22, i(1), pp: 24-30, 2007.
- [Read, 2006] Read, T., Barros, B., Bárcena, E., Pancorbo, J. "Coalescing individual and collaborative learning to model user linguistic competences". *User Modeling and User-Adapted Interaction*, v16, i(28), n 3-4, pp: 349-376, 2006.
- [Rheingold, 1993] Rheingold, H. "The virtual community: Homesteading on the electronic frontier". Reading, MA: Addison-Wesley (1993).
- [Reigeluth, 1999] Reigeluth, C.M. "Instructional design theories and models". Volume II: A New Paradigm of Instructional Theory. Erlbaum, Hillsdale, NJ (1999).

- [Renninger, 2002] Renninger, K. A., Shumar, W. "Community building with and for teachers: The Math Forum as a resource for teacher professional development". En K. A. Renninger and W. Shumar (Eds.). *Building Virtual Communities: Learning and Change in Cyberspace* (pp: 60-95). New York: Cambridge University Press (2002).
- [Resta, 2007] Resta, P., Laferrière, T. "Technology in support of collaborative learning". *Educational Psychology Review*, Springer Science, v19, pp: 65-83, 2007.
- [Rich, 1979] Rich E. "User modeling via stereotypes". *Cognitive Science*, v3, pp: 329-354, 1979.
- [Rick, 2006] Rick, J., Gudzial, M. "Situation CoWeb: A scholarship for application". *International Journal of Computer Supported Collaborative Learning*, v1, i(1), pp: 89-115, 2006.
- [Rieber, 1994] Rieber, L. P. "Computers, Graphics and Learning". Brown and Benchmark (1994).
- [Robbins-Bell, 2008] Robins-Bell, S. "Higher Education as Virtual Conversation". *EDUCAUSE Review*, v43, n5, 2008. Disponible online (13/12/2008): <http://connect.educause.edu/Library/EDUCAUSE+Review/HigherEducationalsVirtualC/47220>.
- [Rodríguez-Artacho, 2000] Rodríguez-Artacho, M. "Una arquitectura cognitiva para el diseño de entornos telemáticos de enseñanza y aprendizaje". Tesis doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia (2000). Disponible online (22/05/2008): <http://sensei.ieec.uned.es/~miguel/tesis/master-tesis.html>.
- [Roschelle, 1995] Roschelle, J. , Teasley, S. "The construction of shared knowledge in collaborative problem solving". En C. O'Malley (Eds.). *Computer-supported collaborative learning* (pp: 69-97). Springer-Verlag, New York (1995).
- [Roussos, 1999] Roussos, M. J., Moher, T. L., Vasilakis, C., Barnes, C. "Learning and building together in an immersive virtual world". *Presence-Teleoperators and Virtual Environments*, SensAble Technologies, v8, i(3), pp: 247-263, 1999. Disponible online (9/06/2008) <http://www.sensable.com/>
- [Royle, 2008] Royle, K. "Games-Based learning a different perspective". *Innovate Journal of Online Education* v4, i(4), Abril-Mayo, 2008. Disponible on-line (2/12/2008): <http://innovateonline.info/index.php?view=issue&id=25>.
- [Sánchez-Hórreo, 2007] Sánchez-Hórreo, V., Carro, R. M. "Studying the impact of personality and group formation on learner performance". En J. M. Haake, S. F. Ochoa, and A. Cechich (Eds.). *Proceedings of CRIWG 2007* (pp: 287-294). *Lecture Notes in Computer Science* v4715. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (2007).
- [Sancho, 2005] Sancho, P., Fernández-Manjón, B. "Web technologies applied to e-learning personalization in <e-aula>". *Journal of Universal Computer Science*, v11, i(9), pp: 1470-1481, 2005. Disponible online (12/12/2008): [http://www.jucs.org/jucs\\_11\\_9/semantic\\_web\\_technologies\\_applied/jucs\\_11\\_9\\_1470\\_1481\\_sancho.html](http://www.jucs.org/jucs_11_9/semantic_web_technologies_applied/jucs_11_9_1470_1481_sancho.html)
- [Sandford, 2006] Sandford, R., Ulicsak, M., Facer, K., Rudd, T. "Teaching with games. Using commercial-off-the-shelf computer games in formal education". Informe Técnico. Final Executive Report for FutureLab. Septiembre 2006. Disponible online (11/04/2008):

- [http://www.futurelab.org.uk/projects/teaching\\_with\\_games/research/final\\_report](http://www.futurelab.org.uk/projects/teaching_with_games/research/final_report).
- [Scardamalia, 1994] Scardamalia, M., Bereiter, C., and Lamon, M. "The CSILE project: Trying to bring the classroom into world". En K. McGilly (Eds.). *Classroom lessons – Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp: 201-228). Cambridge, MA: MIT Press (1994).
- [Schank, 1977] Schank, R. C., Abelson, R. P. "Scripts, plans, goals and understanding". Hillsdale, N J: Lawrence Erlbaum Associates (1977).
- [Schank, 1982] Schank, R. C. "Dynamic memory". Hillsdale, NJ: Erlbaum (1982).
- [Schlager, 1997] Schlager, M. S., Schank, P. "Tapped-in: A new online community concept for the next generation of Internet technology". En R. Hall, N. Miyake & Enydy (eds.) *Proceedings of the Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning* (pp: 231-240). Hillsdale, NJ: Erlbaum (1997).
- [Seaman, 1993] Seaman, B. "Interactive Videodisc Production ". En R. Harley (Eds), *New Media Technologies* (pp: 99-122). Australian Film, Television and Radio School (1993).
- [Segal, 2004] Segal, E., Dumitriu, L. "Professor:e –An IMS Standard based e-learning platform". En M. Bubak et al. (Eds.). In *Proceedings of ICCS 2004* (pp: 560–566). *Lecture Notes on Computer Science* 3038. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg (2004).
- [Self, 1991] Self J. "Formal Approaches to Student Modeling". Technical Report AI-59. Lancaster University: England (1999).
- [Sellers, 2002] Sellers, M. "Creating effective groups and group roles in MMP games". Gama Sutra. Recurso web (3/12/2008): [http://www.gamasutra.com/resource\\_guide/20020916/sellers\\_01.htm](http://www.gamasutra.com/resource_guide/20020916/sellers_01.htm).
- [Shang, 2001] Shang, Y., Shi, H., Chen, S. "An intelligent distributed environment for active learning". *ACM. Journal on Educational Resources in Computing*, v1, i(2), pp: 1-17, 2001.
- [Shneiderman, 2005] Shneiderman, B., Plaisant, C. "Designing the user interface: Strategies for effective human-interaction". Boston, MA: Addison-Wesley (2005).
- [Sierra, 2006] Sierra, J. L., Fernández-Valmayor, A., Fernández-Manjón, B. "A Document-Oriented Paradigm for the Construction of Content-Intensive Applications". *The Computer Journal* v49, i(5), pp: 562-584, 2006.
- [Sierra, 2008] Sierra, J. L., Fernández-Valmayor, A., Fernández-Manjón, B. "From Documents to Applications using Markup Languages". *IEEE Software* v25, i(2), pp: 68-76, 2008.
- [Skinner, 1976] Skinner, B. F. "About behaviorism". Vintage (1976).
- [SLeD, 2008] SLeD Learning Design Player (2008). Recurso web (11/12/2008): <http://sled.open.ac.uk/>.
- [Sloodle, 2008] The Sloodle Project (2008). Recurso web (15/12/2008): <http://www.sloodle.org/>.
- [Slavin, 1997] Slavin, R.E. "Educational psychology: theory and practice". Needham Heights, MA: Allyn & Bacon (1997).

- [Soller, 2001] Soller, A. "Supporting social interaction in an intelligent collaborative learning system". *Journal of Artificial Intelligence in Education*, v12, i(1), pp: 40–62, 2001.
- [Soller, 2005] Soller, A., Martínez-Monés, A., Jermann, P., Muehlenbrock, M. "From mirroring to guiding: a review of state of the art technology for supporting collaborative learning". *International Journal on Artificial Intelligence in Education*, v15, i(4), pp: 261-290, 2005.
- [Spacco, 2006] Spacco, J., Winters, T. "Inferring use cases from unit testing". In *Proceedings of AAAI Workshop on Educational Data Mining* (pp: 1-7). Boston, USA, 16-17 Julio, 2006.
- [Springer, 1997] Springer, L., Stanne, M. E., Donovan, S. "Effects of small group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering and technology: A meta analysis". Madison, WI: National Institute of Science Education (1997).
- [Squire, 2000]. Squire, K., Johnson, C. "Supporting distributed communities of practice with interactive television". *Educational Technology and Society*, v3, i(3), pp: 384-392, 2000.
- [Squire, 2005b] Squire, K. "Changing the game: What happens when videogames enter the classroom?". *Innovate Journal of Online Education*, v1, i(6), 2005.
- [Stash, 2004] Stash, N., Cristea, A., De Bra, P. "Authoring of learning styles in adaptive hypermedia: problems and solutions". In *Proceedings of World Wide Web Conference 2004* (pp: 114-123). New York, USA (2004).
- [Stein, 1997] Stein, A., Gulla, J., Thiel, U. "Making sense of user's mouse clicks: Abductive reasoning and conversational dialogue modeling". Jameson A., Paris C. and Tasso C. (Eds.) In *Proceedings of the Sixth International Conference User Modeling (UM97)* (pp: 89-100). Wien: Springer Verlag (1997).
- [Steinkuehler, 2002] Steinkuehler, C. A., Derry, S. J., Woods, D. K., Hmelo-Silver, C. E. "The STEP environment for distributed problem-based learning on the world wide web". In *Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning (CSCL '01)*. Mahwah, NJ: Erlbaum. Universiteit Maastricht, Maastricht, Holanda, 22-24 Marzo, 2002.
- [Steinkuehler, 2004] Steinkuehler, C. A. "Learning in Massively Multiplayer Online Games". En Yasmin B. Kafai, William A. Sandoval, Noel Enyedy, Althea Scott Nixon, and Francisco Herrera (Eds.). *Proceedings of the Sixth International Conference of the Learning Sciences* (pp: 521–28). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates (2004).
- [Steinkuehler, 2005]. Steinkuehler, C. "Cognition and learning in massively multiplayer online games: A critical approach". Tesis doctoral. Madison, WI : University of Wisconsin-Madison, 2005. Disponible online (12/09/2006): <http://website.education.wisc.edu/steinkuehler/thesis.html>.
- [Stepien, 1993]. Stepien, W. J., Gallagher, S. A., Workman, D. "Problem-based learning for traditional and interdisciplinary classrooms" *Journal for the Education of the Gifted*, v16, i(4), pp: 338-357, 1993.
- [Stern, 2000] M. Stern and P. Wolf. "Adaptive content in an online lecture system". In *Proceedings of the Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems International Conference, AH 2000* (pp. 227-238). Lecture Notes in Computer Science v 1892. Springer Berlin: Heidelberg (2000).

- [Stonayov, 2004] Stonayov, S., Kirschner, P. "Expert concept mapping method for defining the characteristics of adaptive e-learning". ALFANET Project. Educational Technology Research and Development, v52, i(2), pp: 41-56, 2004.
- [Strijbos, 2004] Strijbos, J-W. "The effect of roles on computer-supported collaborative learning". Tesis doctoral. Heerlen, The Netherlands: Open University of the Netherlands. Disponible online (10/04/08): [http://www.ou.nl/Docs/Expertise/OTEC/Publicaties/jan-willem%20strijbos/Dissertation\\_Strijbos\\_Online\\_rev\\_1-11-04.pdf](http://www.ou.nl/Docs/Expertise/OTEC/Publicaties/jan-willem%20strijbos/Dissertation_Strijbos_Online_rev_1-11-04.pdf)
- [Suebnukarn, 2006] Suebnukarn, S., Haddawy, P. "Modelling individual and collaborative problem-solving in medical problem-based learning". User Modelling and User-Adapted Interaction, v16, n 3-4, pp: 211-248, 2006 .
- [Suthers, 1995] Suthers, D., Weiner, A., Connelly, J. and Paolucci, M. "Belvedere: Engaging students in critical discussion of science and public policy issues". En J. Greer (Eds.). Proceedings of AI-ED 95: World Conference of Artificial Intelligence in Education (pp: 266-273). Washington DC: AACE (1995).
- [Swan, 2004] Swan, K. "Relationships between interactions and learning in online environments". Informe técnico, Sloan Consortium (2004). Disponible online (9/06/2008)): <http://www.sloan-c.org/publications/books/interactions.pdf>
- [Szabo, 1998] Szabo, M., Kanuka, H. "Effects of violating screen design principles of balance, unity and focus on recall learning, study time and completion rates". Journal of Multimedia and Hypermedia, v8, pp: 23-42, 1998.
- [Talavera, 2004] Talavera, L., Gaudioso, E. "Mining student data to characterize similar behavior groups in unstructured collaboration spaces". En Workshop on Artificial Intelligence in CSCL'04. 16<sup>th</sup> European Conference on Artificial Intelligence (pp: 17-23). Valencia, España, 23-27 Agosto, 2007.
- [Tang, 2000] Tang, C., Yin, H., Li, T., Lau, R., Li, Q., Kilis, D. "Personalized courseware construction based on web data mining". In Proceedings of the First International Conference on Web Information Systems Engineering (pp: 204-211). Washington, DC., Estados Unidos, 19-21 Junio, 2000.
- [Tang, 2001] Tang, T. Y., Chan, K., Winoto, P., Wu, A. "Forming student clusters based on their browsing behaviours". En C. H. Lee. Enhancement of Quality Learning through Information and Communication Technology (ICT): Proceedings of the ICCE International Conference On Computers in Education/SchoolNet (pp: 1229-1235). Seúl, Corea, 12-15 Noviembre, 2001.
- [Tang, 2005] Tang, T., McCalla, G. "Smart recommendation for an evolving e-learning system". International Journal on e-learning, v4, i(1), pp: 105-129, 2005.
- [Tchounikine, 2008] Tchounikine, P. "Operationalizing macro-scripts in CSCL technological settings". Computer Supported Collaborative Learning v3, pp: 193-233, 2008.
- [Terenzini, 2001] Terenzini, P. T., Cabrera, A. F., Colbeck, C. L., Parente, J. M., Bjorkland, S. A.. "Collaborative learning vss lecture/discussion: Student's reported learning gains". J. Engr. Education, v10, i(1), pp: 123-130, 2001.
- [Timm, 1998] Timm U., Rosewitz M. "Benutzermodellierung in der elektronischen produktberatung – konzept und prototypische realisierung in einer on-line umgebung". In Proceedings of ABIS-98, Workshop on Adaptivity and User-

- Modeling in Interactive Software Systems, FORWISS Report. Erlangen, Germany, 1998.
- [Tourtoglou, 2008] Tourtoglou, K., Virvou, M. "User modelling in a collaborative learning environment for UML". In Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Information Technology: New Generations (itng 2008) (pp: 1257-1258). Las Vegas, Nevada 7-9 Abril, 2008.
- [Tsiriga, 2004] Tsiriga, V., Virvou, M. "A framework for the initialization of student models in web-based intelligent tutoring systems". User Modeling and User-Adapted Interaction, v14, pp: 289-316, 2004.
- [UML, 2008] Unified Modeling Language, 2008. Recurso web (4/12/2008): [http://www.omg.org/technology/documents/modeling\\_spec\\_catalog.htm#UML](http://www.omg.org/technology/documents/modeling_spec_catalog.htm#UML)
- [Van Deursen, 1997] Van Deursen, A. "Domain-Specific Languages versus Object-Oriented Frameworks: A Financial Engineering Case Study". Artículo presentado en: Smalltalk and Java in Industry and Academia, Erfurt, 1997.
- [Van Deursen, 2000] Van Deursen, A., Klint, P., Visser, J. "Domain-specific languages: An annotated bibliography". ACM SIPLAN Notices, v35, i(6), pp: 26-36, 2000.
- [Vassileva, 1996] Vassileva J. "A task-centered approach for user modelling in a hypermedia office documentation system". User Modeling and User-Adapted Interaction Journal, v6, pp: 185-223. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [Vega-Gorgojo, 2005] Vega-Gorgojo, G., Bote-Lorenzo, M. L., Gómez-Sánchez, E., Dimitriadis, Y. A., Asensio-Pérez, J. I. "Semantic description of collaboration scripts for services oriented CSCL systems". Artificial Intelligence in Education, Book Editors, IOS Press (2005).
- [Vermetten, 2002] Vermetten, Y. J., Vermunt, J. D., Lodewijks, H. G. "Powerful learning environments? How university students differ in their response to instructional measures". Learning and Instruction, v12, pp: 263-284, 2002.
- [Vermunt, 1992] Vermunt, J.D. "Learning styles and directed learning processes in higher education: towards a process-oriented instructionin independent thinking". Tesis doctoral. Lisse: Swets and Zeitlinger, 1992.
- [Vermunt, 1994] Vermunt, J.D. "Inventory of Learning Styles (ILS) in higher education". Tilburg: University of Tilburg, 1994.
- [Vermunt, 1995] Vermunt, J. D. "Process-oriented instruction in learning and thinking strategy". European Journal of Psychology in Education, v10, i(4), pp: 325-349, 1995.
- [Vermunt, 1996] Vermunt, J. D. "Metacognitive, cognitive and affective aspects of learning styles and strategies: A phenomenographic study". Higher Education, v31, pp: 25-50, 1996.
- [Vermunt, 1998] Vermunt, J. D. "The regulation of constructive learning processes". British J. Educ. Psychol, v68, pp: 149-171, 1998.
- [Vermunt, 1999] Vermunt, J., Verloop, N. "Congruence and friction between learning and teaching". Learning and Instruction, v9, pp: 257-280, 1999.
- [Vermunt, 2003] Vermunt, J "The power of learning environments and the quality of student learning". In E. De Corte, L. Verschaffel, N. Entwistle, & J. J. G. Van



- Merriënboer (Eds.). *Powerful Learning Environments: Unravelling Basic Components and Dimensions* (pp: 109-124). Oxford: Elsevier Science (2003).
- [Virtual Leader, 2008] The Virtual Leader Project. Recurso web (30/12/2008): [http://www.simulearn.net/pdf/practiceware\\_works.pdf](http://www.simulearn.net/pdf/practiceware_works.pdf)
- [Vizcaino, 2005] Vizcaino, A. "A simulated student can improve collaborative learning". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, IOS Press, v15, pp: 3-40, 2005.
- [Von Glasserfeld, 1984] Von Glasserfeld, E. "An introduction to radical constructivism". En P. W. Watzlawick (Eds.). *The Invented Reality* (pp: 193-217). W. Norton and Company (1984).
- [Vygotsky, 1978]. Vygotsky, L. S. "Mind in society: The development of higher psychological process". Harvard: Harvard University Press (1978).
- [Wang, 2004] Wang, W., Weng, J., Su, J., Tseng, S. "Learning portfolio analysis and mining in SCORM compliant environment". In *Proceedings of ASEEI IEEE Frontiers in Education Conference* (pp: 17-24). Savana, Georgia, USA, 20-23 Octubre, 2004.
- [Watson, 1914] Watson, J.B. "Behavior: A Textbook of Comparative Psychology". New York: Henry Holt & Co (1914).
- [Weber, 2001] Weber, G., Brusilovsky, P. "ELM-ART: An adaptive versatile system for web-based instruction". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. v12, i(4), pp: 351-384, 2001.  
Disponibile online (20/01/2009) : [http://cbl.leeds.ac.uk/ijaied/abstracts/Vol\\_12/weber.html](http://cbl.leeds.ac.uk/ijaied/abstracts/Vol_12/weber.html).
- [Weinberger, 2005] Weinberger, A., Fischer, F., Stegmann, K. "Computer-Supported Collaborative Learning in higher education: scripts for argumentative knowledge construction in distributed groups". En T. Koschmann, D. Suthers, & T. W. Chan (Eds.). *Proceedings of Computer Supported Collaborative Learning 2005: The Next 10 Years!* (pp: 717-726) Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates (2005).
- [Wenger, 1998], Wenger, E. "Communities of Practice. Learning as social system". *System Thinker* (1998).
- [Wertsch, 1998] Wertsch, J. V. "Mind as action". New York: Oxford University Press (1998).
- [Wiley, 2002] Wiley, D. A. "Connecting learning objects to instructional design theory. A definition, a metaphor, and a taxonomy". En Wiley (Eds.) *The Instructional Use of Learning Objects* (pp: ). John Wiley & Sons, Inc., New York (2002).  
Disponibile online (1/12/2008): <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>.
- [Winn, 1993] Winn, W. "A conceptual basis for educational applications of virtual reality". (No. Report No. TR-93-9): University of Washington (1993).
- [Woolf, 1992] Woolf, B. "AI in Education". En Shapiro, S. (Eds.). *Encyclopedia of Artificial Intelligence* (pp: 434-444). John Wiley & Sons, Inc.: New York (1992).
- [Xenos, 2004] Xenos, M. "Prediction and assessment of student behaviour in open and distance education in computers using Bayesian networks". *Computers and Education*, v43, pp: 345-359, 2004.



- [Zurita, 2007] Zurita, G., Nussbaum, M. “A conceptual framework based on Activity Theory for mobile CSCL”. *British Journal of Educational Technology*, v2, i(38), pp: 211–235.

## Guía de siglas utilizadas

- BBDD, Bases de Datos.
- BN, *Bayesian Networks*. Redes Bayesianas.
- CAI, *Computer Assisted Instruction*. Aprendizaje asistido por computador.
- CBT, *Computer Based Training*. Aprendizaje soportado por computador.
- COTS, *Commercial off-the-shelf games*. Juegos comerciales adaptados.
- CoP, *Communities of Practice*. Comunidades de Prácticas.
- CSCL, *Computer Supported Collaborative Learning*. Aprendizaje colaborativo sostenido por computador.
- DAG, *Directed Acyclic Graph*. Gráfico acíclico dirigido.
- DSL, *Domain Specific Languages*. Lenguajes específicos de dominio.
- EML, *Educational Modeling Language*. Lenguajes de modelado educativo.
- ERP, *Enterprise Resources Planning*. Recurso de planificación empresarial.
- GUI, *Graphical User Interface*. Interfaz gráfica de usuario.
- ITS, *Intelligent Tutoring Systems*. Tutores inteligentes o sistemas de tutorización inteligente.
- LCMS, *Learning Content Management System*. Sistema gestor de contenidos educativos.
- LMS, *Learning Management Systems*. Sistemas gestor del aprendizaje.
- LO, *Learning Objects*. Objetos de Aprendizaje.
- PBL, *Problem Based Learning*. Aprendizaje a través de problemas.
- MOG, *Multiplayer Online Games*. Juegos en línea multi jugador.
- MMOG, *Massive Multiplayer Online Games*. Juegos en línea multijugador masivos.
- MUVE, *Multi User Virtual Environments*. Entornos virtuales multi usuario.
- SGM, *Student Group Model*. Modelo grupal de los alumnos.
- SM, *Student Model*. Modelo del alumno.
- UoL, *Unit of Learning*. Unidad de Aprendizaje.
- UML, *Unified Modelling Language*. Lenguaje de Modelado Unificado.